Dr. Justus Liebig's

Verhältniss

zur

Pflanzenphysiologie.

Von

Dr. Hugo Mohl,

ordentl. Professor der Botanik an der Universität zu Tübingen,
Mitgliede der Kaiserl. Leopold. Carolin. Academie der Naturforscher, Correspondenten des Instituts von Frankreich, der Königl. bayerischen Academie der Wissenschaften zu München u. s. w.



Tübingen,

bei Ludwig Friedrich Fues.

1843.

Vorrede.

Durch Liebig's Schrift: die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, wurde, wenn wir den eigenen Worten ihres Verfassers Glauben schenken wollen, nicht weniger erreicht, als dass von nun an in der Pflanzenphysiologie anstatt des bisherigen Dunkels Licht und Ordnung herrscht, und dass der Agricultur die leitenden Grundsätze, an denen es bisher gemangelt, gegeben sind. Da nun die Pflanzenphysiologie die hauptsächlichste Grundlage eines wissenschaftlichen Acker- und Waldbaues bildet, so tritt für dieselbe nicht nur in ihrem eigenen, sondern auch im Interesse der von ihr abhängenden, in das practische Leben eingreifenden Wissenschaften, die Verpflichtung ein, den Inhalt jener Schrift zu prüfen und zu zeigen, in wie weit derselbe auf sicherer, empirischer Basis oder auf unsicherer Speculation beruht, in wie weit er neu oder von Andern entlehnt ist; diese Verpflichtung tritt in einem um so höheren Grade hervor, je mehr jene Schrift bei dem grossen Namen, welchen sich ihr Verfasser auf dem Gebiete der Chemie erworben hat, bei dem Geiste, mit welchem sie geschrieben ist, bei der Keckheit, mit welcher die Ansichten ihres Verfassers als die ausgemachteste Wahrheit dargestellt werden, geeignet ist die mit der Pflanzenphysiologie weniger Vertrauten einestheils zu bestechen, andertheils bei dem offenbaren Wi-

derspruche, in welchem viele Behauptungen derselben mit sicher constatirten Thatsachen stehen, und bei den vielen Inconsequenzen, die sich in derselben finden, zu verwirren. Diese Betrachtungen waren es, welche mich bewogen, die folgenden Zeilen niederzuschreiben. Es hat sich zwar bereits Schleiden in ähnlichem Sinne, wie die folgenden Blätter, über den physiologischen Werth jener Schrift ausgesprochen, ich glaube jedoch auch nach diesem Vorgänger noch manche Puncte berührt zu haben, welche zur Beurtheilung der Liebig'schen Schrift nicht ohne Bedeutung sind.

Tübingen, den 2. December 1842.

Der Verfasser.

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich auf den ersten Theil der von Liebig unter dem Titel: die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig 1840, herausgegebenen Schrift, und in diesem Theile auf den physiologischen Inhalt desselben.

Untersuchungen über den Gegenstand der genannten Schrift, die Erläuterung des chemischen Vorganges bei der Ernährung und dem Wachsthume der Gewächse, gehören, soweit sie experimenteller Natur sind, mehr in das Gebiet des Chemikers als des Botanikers, indem bei der raschen Umwälzung, welche die Naturwissenschaften gegenwärtig erfahren, bei den Riesenschritten, welche dieselben, und insbesondere die organische Chemie, machen, Jeder, wenn er etwas Tüchtiges leisten will, sich auf Ein Fach beschränken muss, vom Botaniker daher nicht erwartet werden kann, dass er in chemischen Untersuchungen eine solche Gewandtheit besitze, um bei denselben ebenso sichere Resultate, wie der Chemiker vom Fache, zu erhalten, sondern nur soviel, dass er die Arbeiten des Chemikers verstehe und die Ergebnisse derselben für seine Wissenschaft benütze. Einen Beweis für diesen Satz liefert die Entwicklungsgeschichte der Lehre von der Ernährung der Gewächse, welche hauptsächlich von Chemikern ausgebildet wurde.

Die Erwartungen, mit welchen die Botaniker die Schrift von Liebig zur Hand nahmen, waren nicht gering; wir erin-

nerten uns zu gut, was ein Saussure für unsere Wissenschaft geleistet, um nicht von Liebig's Talenten und Kenntnissen eine ähnliche Förderung derselben zu hoffen. Hat er diese Hoffnung erfüllt? Nach dem beispiellosen Erfolge der vorliegenden Schrift, welche in zwei Jahren vier Auflagen, und ebenfalls mehrere in englischen und französischen Uebersetzungen erlebte, sollte man es nicht bezweifeln. Betrachten wir die Sache jedoch näher.

Auf den ersten Blick fällt uns an Liebig's Schrift auf, dass die Data, auf welchen dieselbe beruht, nicht in seinem Laboratorium, sondern an seinem Schreibtische gesammelt sind, denn von Versuchen, die er angestellt, von Thatsachen, die er aufgefunden hat, ist weit und breit keine Rede. Das ist bei dem thätigsten chemischen Experimentator unserer Tage, beim Vorsteher eines der grössten Laboratorien zum mindesten auffallend, um so mehr, da er auch in dieser Schrift die Kunst, Versuche anzustellen, sehr hoch stellt, glaubt, dieselbe werde blos in chemischen Laboratorien erlernt, darüber klagt, dass man bei uns blos dicke Bücher über Agricultur schreibe, aber keine Versuche anstelle; noch mehr muss es auffallen, dass L. an anderen Stellen verächtlich von den im Kleinen angestellten Versuchen spricht, wenn wir uns erinnern, dass unsere ganze Kenntniss von den chemischen Vorgängen in der lebenden Pflanze das Resultat der bewundernswürdigen Versuche früherer Chemiker, besonders Th. de Saussure's ist.

Bereicherung unserer Wissenschaft durch neue Thatsachen haben wir also aus dieser Schrift nicht zu erwarten, sie ist ein Versuch, aus den bisher bekannten Daten eine naturgetreue Theorie abzuleiten.

Ein zweiter Punct, welcher zu berühren ist, ehe wir zum

Einzelnen übergehen, betrifft die Sprache der vorliegenden Schrift, indem wir in derselben einen der hauptsächlichsten Gründe ihres Erfolges, wie ihrer Anfeindung finden. Dieselbe ist, wenn auch nicht immer correct, dennoch durchaus lebendig und klar; in kurzen, bestimmten Sätzen werden die Gedanken ausgesprochen; da ist keine Spur von Unsicherheit und Schwanken, der Verfasser weiss alles gewiss und spricht es keck aus. Das macht bei Leuten, welche des Gegenstandes nicht ganz mächtig sind, Eindruck, sie glauben, der Verfasser, welcher mit solcher Bestimmtheit spreche, müsse auch die Sache bestimmt wissen. Diese Bestimmtheit, mit welcher über die schwierigsten Gegenstände in wenigen Worten ein Gesetz aufgestellt wird, erscheint oft genial; verdächtig wird aber dieselbe, wenn sich bei aufmerksamerem Lesen des Buches gar bald in diesen kurzen, meist lose zusammenhängenden Sätzen die merkwürdigsten Widersprüche finden, auf der einen Seite etwas als ganz bestimmt schwarz dargestellt wird, was auf einer andern Seite ebenso bestimmt weiss ist, und zwar nicht blos, wenn sich's um Theorien, sondern auch wenn sich's um Thatsachen handelt, wenn z. B. nach S. 22 die Blätter nicht im Schatten, sondern »erst von dem Augenblicke, wo die Sonnenstrahlen sie treffen« die Kohlensäure zersetzen und nach S. 121 sich (was allerdings ganz richtig ist) die Sache ganz anders verhält und die Blätter auch im Schatten die Kohlensäure zersetzen. Solche in dem Buche häufig genug vorkommende Widersprüche machen es nicht blos unmöglich, in manchen Fällen auszumitteln, was denn eigentlich der Verfasser für wahr hält, sondern sie zeigen im allgemeinen, dass derselbe unüberlegt schrieb, und seinen Gegenstand nicht gründlich und allseitig durchdachte.

In inniger Verbindung mit diesem schnellfertigen Urtheile über wissenschaftliche Puncte und der kecken Sprache steht auch die Art und Weise, wie sich L. über die Pflanzenphysiologen und Landwirthe ausspricht, und zwar nicht über einzelne, sondern gleich über alle miteinander. Wo sich L. vornimmt, eine seiner Meinung nach falsche Ansicht zu widerlegen, so ist dieselbe nicht die Ansicht eines Einzelnen, sondern sie ist von der »Pflanzenphysiologie« oder »allen Botanikern« ausgesprochen, und das giebt ihm dann willkommene Gelegenheit, sich über die unglaubliche Unwissenheit und die verkehrte wissenschaftliche Richtung derselben auf eine Weise zu äussern, welche nicht blos zeigt, dass der Verfasser Anstand und Form für verächtliche Ziererei hält, sondern auch auf die Einseitigkeit seiner wissenschaftlichen Bildung ein bedauerliches Licht wirft. Ich will diesen Punct nicht weiter berühren, übergehen kann ich jedoch nicht, dass L., wenn er auch durch krankhafte Reitzbarkeit und Selbstüberschätzung sich zu unwürdigen Ausfällen gegen die Bearbeiter einer ihm fremden Wissenschaft hinreissen liess, doch nie hätte die Wahrheit ausser Augen setzen sollen. Was ist es aber anders, als Unwahrheit, wenn (S. 6) gesagt wird, die »Pflanzenphysiologie« betrachte den Humus als die Hauptnahrung der Gewächse. Es hat die Pflanzenphysiologie bekanntlich keine symbolischen Bücher, sondern Jeder folgt seiner Ueberzeugung, und man kann als einen in dieser Wissenschaft anerkannten Lehrsatz nur einen solchen betrachten, den alle, oder doch die meisten und bedeutendsten Physiologen der neuern Zeit aussprechen; nun glaubte aber, (wenn wir auch Ingenhousz, dessen Schrift L. jedenfalls kannte, ganz übergehen) z. B. Senebier (phys. végét. III. 156) dass die Pflanzen ihren Kohlengehalt der Aufnahme von Kohlensäure verdanken,

Curt Sprengel (Bau u. Nat. 290), dass die Pflanzen von Kohlensäure, Wasser und Stickstoff leben, Link (elem. phil. bot. 380) läugnete, dass der Humus aufgesogen werde und die Pflanze ernähre, Decandolle (phys. I. 59) leitete, indem er Saussure folgte, die Ernährung der Gewächse grösstentheils von Wasser und der Zersetzung der Kohlensäure her. L.'s Behauptung ist also geradezu unwahr; wenn sie aber auch gegründet wäre, so wäre es von Seiten eines Chemikers im höchsten Grade unbillig, diese Meinung den Botanikern zum Vorwurfe zu machen, indem die ganze Lehre vom Humus von den Chemikern stammt, und gerade bei diesen die Meinung, dass er ein directes Nahrungsmittel sei, sehr verbreitet ist, oder sind etwa Saussure, Davy, Carl Sprengel, Berzelius, Mulder Botaniker?

Eine Unwahrheit ist es ferner, wenn L. (S. 24) sagt, dass »alle Botaniker und Pflanzenphysiologen« die Assimilation des Kohlenstoffs aus der Atmosphäre in Zweifel gezogen haben. Ein Blick in die pflanzenphysiologischen Schriften kann Jeden vom Gegentheile überzeugen, es hat sogar Ad. Brongniart (ann. d. sc. nat. XV. 252) auf die Zersetzung der atmosphärischen Kohlensäure durch die Pflanzen sich stützend aus den riesenhaften Verhältnissen der Steinkohlenvegetation den Schluss gezogen, dass zur Zeit, als diese Pflanzen lebten, die Atmosphäre weit reicher, als jetzt, an Kohlensäure gewesen, und dass die in den Kohlenlagern vergrabene Kohle von den damaligen Pflanzen durch Zersetzung dieser Kohlensäure gewonnen worden sei.

Es wäre, da dieses sehr bekannte Sachen sind, ganz unglaublich, dass sich L. solche Verstösse aus Unkenntniss der Pflanzenphysiologie und ihrer Literatur habe zu Schulden kommen lassen, wenn er nicht an vielen Stellen seiner Schrift, an

welchen er von physiologischen Verhältnissen, die nicht rein chemischer Natur sind, spricht, eine rührende Unwissenheit zur Schau tragen würde, so glaubt er z. B. es sei bei den Flechten die Holzfaser durch kleesauren Kalk ersetzt (S. 91), und meint, bei Equisetum und beim Bambus nehme die Kieselerde Form und Function des Holzkörpers an, so glaubt er (S. 36) ein Blatt, das Terpentinöl, Citronenöl erzeuge, müsse eine sichtbar andere Beschaffenheit haben, als ein Blatt, welches Sauerkleesäure bilde, denn die Lebenskraft bediene sich zu ihren Aeusserungen stets besonderer Werkzeuge, man hätte nur nicht versucht es zu sehen; so beschenkt er uns mit einer neuen Theorie der Pflanzenrespiration, welche mit den physiologischen Thatsachen in direktem Widerspruche steht. Auf diesen letzteren Gegenstand erlaube ich mir etwas näher einzugehen, da er eine der wichtigsten Functionen des Pflanzenlebens betrifft.

Bekanntlich nehmen die Pflanzen in der Dunkelheit Sauerstoffgas aus der Atmosphäre auf, und hauchen ein etwas kleineres Volumen von Kohlensäure aus. Diese beiden Vorgänge wurden von den Pflanzenphysiologen in Verbindung gebracht, und für einen Respirationsprocess erklärt. L. findet hierin den Beweis von grosser Unkenntniss und glaubt, die Aushauchung von Kohlensäure sei ein rein mechanischer Process, welcher darauf beruhe, dass die Pflanze beständig kohlensaures Wasser aufnehme, und dieses wie ein Docht von Baumwolle wieder aushauche, wogegen die Sauerstoffgasaufnahme ein rein chemischer Process sei, welcher mit dem Leben nichts zu thun habe, und darauf beruhe, dass der Sauerstoff der Luft mit den Bestandtheilen der lebenden, wie der todten Pflanze Verbindungen eingehe; man könne sogar im Voraus bestimmen, welche Blätter den meisten Sauerstoff verzehren, es seien dieses die

aromatischen, harzigen und gerbstoffhaltigen. Saussure's Beobachtungen seien hiefür entscheidende Beweise, indem Agave nur 0,3 ihres Volumens Sauerstoff verzehre, dagegen die ätherisch öligen Blätter von Pinus Abies die 10fache, die gerbstoffhaltigen von Quercus Robur die 14fache, und die balsaminischen (sic!) von Populus alba die 21fache Menge (S. 26). L. hat durch diese Theorie seinem Scharfsinne schwerlich ein bleibendes Denkmahl gesetzt. Was die von ihm angegebene Regel der Sauerstoffverzehrung durch Blätter verschiedener Pflanzen betrifft, so ist zu bemerken, dass die von ihm angeführten Zahlen in Folge eines Rechnungsfehlers, indem er bei Agave 0,3 statt 0,8 setzte, (ein Versehen, welches freilich nicht vorkommen sollte, wenn man ein allgemeines Gesetz auf eine Rechnung gründet) sämmtlich falsch sind; es kann sich Jeder leicht aus Saussure's Tabellen (Recherch. S. 99) ausrechnen, dass die Blätter von Pinus Abies nahezu die 4fache, die von Quercus die 7fache, die von Populus alba die 5—8fache Menge (die Sauerstoffverzehrung von Agave = 1 gesetzt) verzehrten. Nun finden wir aber ferner an demselben Orte, dass die an ätherischem Oele bekanntlich nicht armen Blätter von Ruta nur die 2½fache, die von Daucus Carota nicht ganz die 2½fache, die von Juniperus Sabina und communis die 3fache, dagegen die von Triticum aestivum mehr als die 5fache, die von Robinia Pseudoacacia über die 8fache Menge verzehrten. In diesen Zahlen liegt der Beweis des von Lieb. aus denselben gezogenen Schlusses entschieden nicht.

Doch das ist Nebensache. Wesentlich ist dagegen die Frage, steht die Sauerstoffaufnahme zum Lebensprocess der Pflanze in bestimmter Beziehung, und steht sie zur Aushauchung von Kohlensäure in bestimmtem Verhältnisse? Was den

ersten Punct betrifft, so zeigen die Versuche von Saussure, Dutrochet u. a., dass eine Pflanze, welche in eine sauerstoffleere Atmosphäre gebracht wird, sogleich gelähmt wird, dass kein Same keimt, dass die Bewegungen der Blätter und Blüthen aufhören, reitzbare Blätter ihre Reitzbarkeit verlieren, Blatt- und Blüthenknospen sich nicht öffnen, dass die Wärmeentwicklung der Aroideenblüthen erlischt, dass die Pflanze, wenn sie in der Dunkelheit ist, in sehr kurzer Zeit stirbt, dass z. B. ein sonst so lebenszäher Cactus in fünf Tagen todt ist. Dennoch sagt L., »der Process der Sauerstoffaufnahme habe mit dem Leben der Pflanze nicht das Geringste gemein«! Was die relative Menge des verzehrten Sauerstoffgases und der ausgehauchten Kohlensäure betrifft, so sollte, wenn L.'s Theorie richtig wäre, kein bestimmtes Verhältniss stattfinden, denn er leitet die Kohlensäure aus zwei, von einander unabhängigen Quellen ab, einmal davon, dass die Pflanze als baumwollener Lampendocht functionirt, und die von der Wurzel eingesaugte Kohlensäure aushaucht, und anderntheils davon, dass sich auf Kosten des verzehrten Sauerstoffgases, jedoch in etwas geringerem Volumen, Kohlensäure bildet. Nun sollte man vermuthen, dass die aus der ersten Quelle stammende Kohlensäure diesen Verlust zuweilen ausgleichen, wenn nicht gar zu Gunsten der Kohlensäure umkehren sollte. Das ist aber nach Saussure's Versuchen auch bei langer Dauer des Versuches nicht der Fall, sondern es steht die Menge der ausgehauchten Kohlensäure immer im Verhältniss zur Menge des verschwundenen Sauerstoffs, wenn man von dem constanten Verluste des letzteren, welcher niemals das eigene Volumen der Pflanze übersteigt, absieht. Dieselbe Abhängigkeit der Kohlensäurebildung von der Sauerstoffverzehrung geht aus dem Verhalten der Blüthen, besonders der

Aroideenblüthen hervor; während nach Saussure's Versuchen der mit Blüthen besetzte Theil eines Spadix von Arum das 132fache Volumen Sauerstoffgas verzehrt und Kohlensäure bildet, hört nach Vrolick's und de Vriese's Versuchen die Kohlensäureentwicklung bei Caladium odorum sogleich auf, wenn die mit der Pflanze noch in Verbindung stehende Blüthe in sauerstoffleere Luft gebracht wird. Die Physiologen können unter solchen Umständen ruhig erwarten, ob man ihnen oder Lieb. »eine gänzliche Nichtbeachtung und Unkenntniss der chemischen Beziehungen einer Pflanze zu der Atmosphäre« Schuld geben wird.

Diese wenigen einleitenden Bemerkungen mögen hinreichen, um im Allgemeinen den Standpunct auf dem Felde der physiologischen Botanik zu bezeichnen, auf welchem L. stand, als er es unternahm, als Reformator unserer Wissenschaft aufzutreten.

Gehen wir zur speciellen Betrachtung der von L. aufgestellten Theorie der Pflanzenernährung über, so untersucht derselbe in dem die Assimilation des Kohlenstoffs überschriebenen Capitel (S. 6—43) die Frage, ob die Pflanzen ihren Kohlenstoff der Aufnahme organischer oder unorganischer Substanzen verdanken, und entscheidet sich durchaus für die letztere Ansicht. Die Gründe, welche ihn zu dieser Annahme bestimmen, sind vorzugsweise folgende: a) die Humussäure, wenn man auch annehme, dass ihr die Eigenschaften zukommen, welche ihr die Chemiker zuschreiben, könne bei der Ernährung der Pflanzen nicht in Betracht kommen, weil sie durch Austrocknung und durch Gefrieren ihre Auflöslichkeit verliere (S. 9); b) da nun die humussauren Alcalien und Erden in Wasser auflöslich seien, so könnte man diesen die Zuführung der

Humussäure zuschreiben, allein wenn man auch annehmen wollte, dass alle in der Asche sich findenden Salzbasen mit Humussäure gesättigt in die Pflanzen übergegangen seien, so sei doch die Menge der dadurch in die Pflanzen übergeführten Humussäure viel zu gering, um ihren Kohlengehalt zu erklären, indem auf diese Weise nur etwa 1/30 — 1/20 der Kohle in die Pflanzen übergeführt werden könnte (S. 11); c) ebenso reiche die auf eine bestimmte Erdfläche fallende Regenmenge weit nicht hin, um eine so grosse Menge von Humussäure, wenn auch alle mit Kalk verbunden wäre, den Pflanzen zuzuführen, dass dadurch ihr Kohlengehalt erklärt würde (S. 12); d) hauptsächlich aber spreche gegen die Abstammung des Kohlenstoffs der Pflanzen aus dem Humus der Umstand, dass ein gedüngter oder ungedüngter Boden jährlich eine ungefähr gleich grosse Menge von Kohle in den auf ihm wachsenden Pflanzen ablagere, und dass durch die Vegetation der Boden nicht ärmer an Kohlenstoff, sondern reicher daran werde (S. 14); e) endlich habe man gänzlich vergessen, dass der Humus und der Kohlenstoff der Pflanzen den gleichen Ursprung haben müssen, dass es keinen Urhumus gegeben haben könne, sondern dass Pflanzen vor dem Humus vorhanden gewesen sein müssen. Da nun die Pflanzen ihren Kohlenstoff nicht aus dem Boden aufnehmen, sondern diesen an Kohle bereichern, so müssen sie denselben aus der Atmosphäre nehmen; in dieser sei die Kohle nur in der Form von Kohlensäure vorhanden, diese sei auch in mehr als zureichender Menge vorhanden, um alle Gewächse mit Kohle zu versehen. Die Pflanzen eignen sich den Kohlenstoff der Kohlensäure an, indem sie dieselbe im Lichte zersetzen und ihren Sauerstoff aushauchen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass L. bei diesen

Betrachtungen zu einem wenigstens in der Hauptsache völlig richtigen Resultate kam, allein dieses Verdienst ist nicht gross. Saussure hat vor bereits beinahe vierzig Jahren durch eine Reihe der genauesten Versuche nicht blos das negative Factum, dass die von den Pflanzen aus dem Boden in wässriger Auflösung aufgenommenen Stoffe nur einen sehr kleinen Theil (jedenfalls nicht über $1/20$) ihrer festen Substanz bilden können, sondern auch die positive Thatsache, dass die Pflanzen durch Zersetzung der Kohlensäure sich Kohle aneignen, und aus dieser Kohle und Wasser organische Substanz bilden, auf eine Weise nachgewiesen, dass hierüber nicht der mindeste Zweifel stattfinden kann. Diese Thatsache wurde auch, wie oben gezeigt, von einer Reihe von Pflanzenphysiologen als vollkommen richtig anerkannt, und nur das blieb zweifelhaft, ob die Pflanzen, wie das Ingenhousz, Link u. a. annahmen, gar keine organische Materie zu ihrer Ernährung verwenden, oder ob die organischen Substanzen neben den unorganischen als Nahrungsmittel zu betrachten seien. Es war daher durchaus kein neuer Gedanke, welchen L. hier in die Wissenschaft einzuführen bemüht ist, sondern es ist eine neue, nicht auf Versuche, sondern auf Beobachtungen im Grossen gestützte Beweisführung für den Satz, dass die Pflanzen gar keine organische Substanz als Nahrung verwenden.

Da diese Beweisführung einen der wichtigsten Puncte in der Lehre von der Ernährung der Pflanzen betrifft, und da sie zugleich ein vortreffliches Beispiel von der Art und Weise abgiebt, wie L. physiologische Aufgaben behandelt, so verdient sie wohl, dass wir sie etwas näher ins Auge fassen.

Der unter a) angeführte Grund beweist offenbar gar nichts, weil er durch die unter b) angeführte Verbindungsfähigkeit der Humussäure mit Alcalien wieder aufgehoben wird. Der unter

b) angeführte Umstand ist von Gewichte, allein zur Basis einer zuverlässigen Rechnung ganz ungeeignet, indem die Analyse einer Pflanze keinen Anhaltungspunct darüber geben kann, ob derselben in der Form von humussaurem Ammoniak Kohle zugeführt wurde oder nicht. Der unter c) angeführte Grund beweist nichts, weil L. seiner Berechnung den sehr schwer auflöslichen humussauren Kalk zu Grunde legt, und noch dazu die dem Boden zugeführte Wassermenge äusserst gering anschlägt, indem er die Winterfeuchtigkeit und den Thau ausser Rechnung lässt; es ist leicht einzusehen, dass man, wenn man einer analogen Rechnung humussaures Kali und Ammoniak (von welchen sich nach Sprengel das erstere im halben, das zweite im einfachen bis doppelten Gewichte Wassers auflöst) zu Grunde legen würde, die Regenmenge weit mehr als hinreichend wäre, um den Pflanzen die nöthige Menge von Kohle in der Humussäure zuzuführen. Ich halte es jedoch für völlig überflüssig, weiter auf die Widerlegung dieser Gründe einzugehen, da dieses Schleiden auf eine schlagende Weise gethan hat, überdiess scheint L. selbst auf dieselben nur ein verhältnissmässig untergeordnetes Gewicht zu legen; es können auch diese Gründe im höchsten Falle nur nachweisen, dass die Pflanzen nicht alle ihre Kohle aus dem Boden schöpfen.

L. sucht dagegen durch die unter d) und e) angeführten Gründe, welche er Betrachtungen höherer Art nennt, nachzuweisen, dass der gesammte Kohlengehalt der Pflanzen aus der Atmosphäre stammt. Diesen Betrachtungen dürfen wir unsere Aufmerksamkeit nicht versagen.

Bei der ersten derselben schliesst L. auf folgende Weise: weil die auf einem Morgen ungedüngten Wald- und Wiesenboden wachsenden Pflanzen in einem Jahre ein gleiches Gewicht

Kohle assimiliren, wie die auf einem Morgen Ackerboden gezogenen Culturpflanzen, deren Boden jährlich eine gewisse Menge von Kohle im Dünger zugeführt wird, weil ferner der erstere Boden durch die Vegetation nicht ärmer, sondern reicher an Humus wird, so muss eine vom Dünger und Humus verschiedene Quelle, welche den Pflanzen ihren Kohlenstoff liefert, vorhanden sein, und diese kann nur in der Kohlensäure der Atmosphäre liegen. Die Frage nach der Wirkungsweise des Düngers hat daher mit der nach dem Ursprunge des Kohlenstoffs nicht das geringste zu thun.

Es ist leicht einzusehen, dass diese Argumentation keineswegs den Beweis liefert, dass die Pflanzen den Humus nicht als Nahrungsstoff benützen; es liegt ihr eine Verwechslung des Ursprunges des Kohlenstoffs der ganzen Pflanzenwelt mit dem Ursprunge der Kohle der einzelnen Pflanze, so wie eine Verwechslung des ungedüngten mit dem humusfreien Boden zu Grunde. Man kann als vollkommen richtig anerkennen, dass die Atmosphäre das allgemeine Reservoir ist, aus welchem die Pflanzenwelt ihren Kohlenstoff erhält, ohne damit anzuerkennen, dass die einzelne Pflanze allen ihren Kohlenstoff direct aus der Atmosphäre zieht. Es ist wohl denkbar, dass die Pflanze eine gewisse Menge von Humus zu ihrer Nahrung bedarf, und dass sie theils aus diesem Humus, theils und hauptsächlich aus Wasser und Kohlensäure organische Materie bildet und zwar in einer, den aufgenommenen Humus weit übersteigenden Menge. Die Pflanze könnte somit den Humus als Nahrungsmittel durchaus nöthig haben, und dennoch durch Blätterabfall u. s. w. wieder so vielen, oder mehr Humus, als sie verzehrte, für ihre Nachkommen bereiten. In physiologischer Hinsicht ist es vor allem nöthig auszumitteln, welche Stoffe der einzelnen Pflanze

als Nahrung dienen; die Frage, woher diese Stoffe stammen, ist eine entfernter liegende.

Aus den von L. angeführten Thatsachen (ihre Richtigkeit vorausgesetzt) *) folgt nur soviel, dass es Pflanzenarten giebt, welche auf ungedüngtem aber humosem Boden (denn das letztere ist der Wald- und Wiesenboden in der Regel in hohem Grade und jedenfalls, wenn sie den von Liebig in Rechnung gezogenen Ertrag liefern) so viel Kohle assimiliren, als andere Pflanzenarten auf künstlich gedüngtem. Wollte L. erfahren, ob der Humus etwas zur Aufnahme von Kohle beitrage, so musste er das Gedeihen derselben Pflanzenart auf humosem und humusfreiem Boden vergleichen; davor hütete er sich aber weislich, denn ihm war die Wirkung, welche der Humus auf das Wachsthum der Pflanzen ausübt, wohl bekannt, indem er in dem Abschnitte über Wechselwirthschaft (S. 154) es für eine Hauptursache der Vortheilhaftigkeit dieser Wirthschaft und für eine ihrer Hauptaufgaben erklärt, dass durch dieselbe Hu-

*) Dass man übrigens Resultate herausrechnen kann, wie man Lust hat, ist bei dem nach Bodenbeschaffenheit, Düngung und Ackerbestellung so sehr wechselnden Ertrage der Culturpflanzen sehr einleuchtend. Nach L.'s Angabe würden von Waldbäumen, Wiesengräsern, Roggen etc. auf einem hessischen Morgen jährlich nahezu 1000 Pf. Kohle fixirt. Dieses Resultat erhielt L. nur, indem er den Ertrag des Roggens sehr gering ansetzte und bei den Wiesen, indem er den Ertrag zu 25 Centner annahm, während ein Morgen Wiesen in Hessen nach Pabst von 5—40 Centner Heu liefert, also von 221,5 — 1772,4 Pf. Kohle fixirt. Es wäre ein leichtes, auf die Grundlage von sehr sicheren landwirthschaftlichen Erfahrungen hin eine Menge ähnlicher Beispiele anzuführen, ich halte das aber für vollkommen überflüssig, da ich L.'s ganze Schlussfolgerung für verwerflich, und es desshalb für ganz bedeutungslos halte, wie viel Kohle von verschiedenen Pflanzenarten fixirt wird.

mus erzeugt werde, und als Nutzen dieses Humus rühmt, dass er der jugendlichen Pflanze Nahrung liefere, und diese Nahrung für durchaus nothwendig hält, wenn die Pflanze das Maximum ihres Ertrages liefern soll. Wenn das der Fall ist, so muss denn doch der Humus zum Kohlengehalte der Pflanze nicht wenig beitragen; ob ihn die Pflanze direct aufnimmt oder nicht, das ist wieder eine andere Frage, zu deren Lösung das Bisherige noch nicht den mindesten Anhaltungspunct giebt *).

Die zweite Betrachtung, durch welche L. nachzuweisen sucht, dass die Pflanzen ihren Kohlenstoff nicht aus dem Humus ziehen, ist der oben unter e) angeführte Umstand, nämlich der Satz, dass in der Vorwelt Pflanzen vor dem Humus vorhanden gewesen sein müssen. Dieser Grund (welchen gelegenheitlich bemerkt Ad. Brongniart schon lange vor L. ausgesprochen hat) ist ungefähr von demselben wissenschaftlichen Gehalte, wie der Streit, ob das Ei oder das Huhn früher existirt hätte. Was wissen wir denn von der beginnenden Vegetation

*) Die Vegetation der Culturpflanzen könnte wohl nur in dem Falle einen entscheidenden Beweis dafür, dass der Humus nicht von den Pflanzen aufgenommen werde, und zu ihrer Ernährung keinen unmittelbaren und nothwendigen Beitrag liefere, geben, wenn irgendwo auf einem völlig humusfreien Boden ein kräftiges Gedeihen derselben beobachtet würde. Ein Beispiel dieser Art existirt wohl nicht. Boussingault (annal. d. chim. 65. p. 319) giebt zwar an, dass in Peru mit Hülfe von Guano auf einem sehr sterilen Boden, welcher keine organische Substanz enthalte, reichliche Maiserndten erzielt werden; wie ist es aber möglich, dass ein Boden auf welchem eine reichliche Cultur stattfindet, auf welchem also die Wurzeln, ein Theil der Stengel und Blätter der Pflanzen verfaulen, frei von organischer Substanz ist? Boussingault scheint den Boden nicht analysirt zu haben, wenigstens giebt er es nicht an.

der Vorwelt; können denn nicht, ehe die höher entwickelten Pflanzen, wie Farne, aufgetreten sind, vorher andere Pflanzen, welche ohne Humus leben konnten, wie Moose, Flechten, den für die höheren Pflanzen nothwendigen Humus gebildet haben? Ich kann dieses freilich nicht beweisen, will es auch gar nicht, eben so wenig kann aber der Beweis vom Gegentheil geführt werden.

Der Beweis, dass die Pflanzen keinen Humus zum Behufe ihrer Ernährung aufnehmen, ist nach dem Vorhergehenden von L. entschieden nicht geliefert worden. Die Frage, ob die Pflanzen von organischen oder unorganischen Substanzen leben, ist bekanntlich nicht erst durch L.'s Schrift aufgeworfen worden. Es ist zwar gewiss, dass sie die Hauptmasse ihrer Substanz durch Assimilation unorganischer Substanzen bilden, ob sie aber neben diesen auch organische Substanzen aufnehmen, ob alle Pflanzen, ob nur gewisse Arten organische Substanzen zu ihrem Gedeihen bedürfen, auf diese Fragen giebt es eine entscheidende, wissenschaftlich begründete Antwort noch nicht. Deductionen, welche von unsicheren, im Grossen in Bausch und Bogen angestellten Beobachtungen abgeleitet sind, können hier überhaupt nichts entscheiden, sondern nur im Kleinen, mit Genauigkeit angestellte Versuche. Das war das Feld, auf welchem L. sich um unsere Wissenschaft grosse Verdienste hätte erwerben können. Er giebt sich zwar das Ansehen, solche im Kleinen angestellte Versuche als nicht beweisend zu verachten, hält es aber doch für der Mühe werth, im Anhange zu seiner Schrift zur Unterstützung seiner Ansicht Versuche von Hartig abdrucken zu lassen. Ist das des grossen Chemikers würdig, wo es sich um Fundamentalversuche, um Bestätigung oder Widerlegung der Versuche eines Davy, Saussure handelt, sich der

Versuche eines Forstmannes zu bedienen, der gewiss selbst keinen Anspruch darauf machen wird, ein Chemiker zu sein?

An Versuchen über diesen Gegenstand fehlt es freilich nicht, allein die meisten sind auf eine solche Weise angestellt, dass sie nichts beweisen können. Man kann dieselben in drei Classen abtheilen.

Entweder wurden Pflanzen in humusfreien Erdarten mit destillirtem oder kohlensaurem Wasser gezogen. Unter diesen Umständen gediehen sie sämmtlich sehr schlecht, wenn sie auch in einzelnen Fällen bis zum Fruchttragen gebracht wurden. Aus dem geringen Wachsthume derselben lässt sich jedoch kein Schluss auf das Bedürfniss von organischer Nahrung ziehen, da diesen Pflanzen manche ihnen nothwendige unorganische Substanzen fehlten.

Oder es wurden die Pflanzen in Kohlenpulver gezogen. In diesem sollen sie es nach der Angabe von L. (S. 58) zur üppigsten Entwicklung, zum Blühen und Fruchttragen bringen, wobei er sich auf die im Anhange zu seiner Schrift abgedruckten Versuche von Lucas beruft. Diese Behauptung ist von L. rein aus der Luft gegriffen; Lucas spricht von üppigem Wachsthume bei Pflanzen, welche in eine Mischung von Kohle und Lauberde gepflanzt waren, von den im blossen Kohlenpulver gezogenen giebt er blos an, dass sie sich schnell bewurzelt hätten, vom Wachsthume derselben schweigt er hingegen völlig, und dazu hatte er guten Grund, denn gerade diese Münchner Versuche zeigten, dass die Pflanzen in reiner Kohle gar nicht, oder nur sehr schlecht wuchsen (Zuccarini, im Berichte über die Versamml. der Naturf. in Erlangen S. 127). Hiemit stimmen auch die neueren Versuche von Saussure (bibl. univers. 36.

p. 352) überein, nach welchen Erbsen in Kohle nur wenig besser, als im Sande wuchsen.

Oder drittens, es wurde untersucht, ob die Pflanzen in Wasser aufgelöste organische Substanzen und namentlich humussaure Salze aufsaugen, und ob sie dadurch im Wachsthume gefördert werden. Die früheren Versuche von Saussure, Davy, Sprengel sprechen sich in Beziehung auf beide Fragen bejahend aus; L. lässt dagegen die Gegenversuche von Forstrath Hartig, welche für das Gegentheil sprechen, abdrucken, ähnliche Versuche stellte später Unger (Flora, 1842. S. 241) mit dem gleichen negativen Erfolge an. Wo liegt nun die Wahrheit? Dieses müssen neue Versuche entscheiden, und zwar Versuche von Chemikern; auffallend genug ist es, dass bei den bisherigen Versuchen die Chemiker das positive, die Nichtchemiker das negative Resultat erhielten.

Insoferne also die bisherigen Versuche kein übereinstimmendes und sicheres Resultat gewähren, müssen wir die Frage über die Aufnahme und die Ernährungsfähigkeit organischer Substanzen als eine zur Zeit noch unerledigte betrachten. Diese Frage ist auch wohl nicht durch Versuche an einer Pflanzenart zu entscheiden, denn dass alle Pflanzen in Beziehung auf den chemischen Vorgang ihres Ernährungsprocesses völlig übereinstimmen, wie L. angiebt (S. 122), das ist erst noch zu beweisen, oder vielmehr, es ist gewiss, dass es sich nicht so verhält. Ich will in dieser Beziehung nur an Einen Umstand erinnern. Die Anzahl der wahren Parasiten, zu deren Ernährung die Aufnahme der Säfte lebender Pflanzen und zwar in der Regel der Säfte einer oder nur weniger verwandter Pflanzenarten nothwendig ist, ist bekanntlich gar nicht unbeträchtlich. Dass diese Pflanzen organische Substanzen von bestimmter Mi-

schung zu ihrer Erhaltung nothwendig haben, wird nicht zu läugnen sein. Viele dieser Parasiten besitzen keine grüne Farbe, sie können daher keine Kohlensäure zersetzen, sie sind schon desshalb nothwendigerweise auf die Ernährung durch bereits assimilirte Stoffe angewiesen, sie verhalten sich zu ihrer Nährpflanze wie die Blüthen und Früchte der übrigen Gewächse zu den Vegetationsorganen derselben. Dieselbe Ernährung durch Stoffe lebender Pflanzen finden wir aber, wenn wir die Loranthaceen ins Auge fassen, noch bei einer weit grösseren Anzahl von Parasiten, welche grün gefärbt und mit den Organen zur Kohlensäurezersetzung versehen sind; diese Pflanzen müssen also doch wohl die Fähigkeit haben, ungeachtet sie in ihrem Baue mit den in der Erde wurzelnden Pflanzen völlig übereinstimmen, bereits assimilirte Stoffe zu ihrer Nahrung verwenden zu können. An diese wahren Parasiten schliessen sich die in vermodernden organischen Substanzen lebenden Gewächse, wohin viele falsche Parasiten gehören, an; auch bei diesen finden wir dieselben zwei Modificationen der Färbung, bei den einen Mangel an grüner Farbe, bei den andern grüne Blätter. Den ersteren muss nothwendigerweise die Fähigkeit, Kohlensäure zu zersetzen, aus ihr und Wasser organische Substanz zu bilden, abgehen, sie müssen also von den organischen sich zersetzenden Substanzen, in denen sie wachsen, sich ernähren, dieselben assimiliren. Das gleiche Verhältniss findet sich auch bei vielen grün gefärbten Pflanzen; ungeachtet diese die Kohlensäure zersetzen können, zeigt doch ihr Vorkommen, dass sie ebenso, wie die nicht grün gefärbten, mit ihrer Nahrung an organische, in der Zersetzung begriffene Substanz gebunden sind. Von solchen Gewächsen ist aber zu den Torfpflanzen, zu den vielen Pflanzen, welche der Heideerde zu ihrem Gedeihen bedürfen,

nur Ein Schritt. Bedürfen diese Pflanzen einer sich zersetzenden Substanz, so liegt wenigstens die Vermuthung nahe, dass bei den gewöhnlichen Pflanzen das üppige Wachsthum, welches sie in humusreichem Boden zeigen, nicht blos der im Boden entwickelten Kohlensäure zuzuschreiben sei.

Ich bin weit entfernt, in diesen Verhältnissen den Beweis für eine allen Pflanzen zukommende Nothwendigkeit der Aufnahme organischer Nahrungsmittel zu finden, ich führe sie aber an, um zu zeigen, dass Umstände vorhanden sind, welche ein solches Verhältniss wenigstens für viele Pflanzen wahrscheinlich machen, welche beweisen, dass die Aufnahme organischer Substanzen nicht, wie L. behauptet, immer positiv schädlich wirkt, und welche die Nothwendigkeit, genaue Untersuchungen anstatt allgemeiner Reflexionen anzustellen, den Chemikern, welche sich um die Physiologie Verdienste erwerben wollen, dringend ans Herz legen.

In dem zweiten: Ursprung und Verhalten des Humus überschriebenen Capitel setzt L. auseinander, wie die vegetabilischen Materien durch langsame Verwesung sich allmählig in Humus verwandeln, dabei fortwährend mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft Kohlensäure bilden, und dadurch eine fortdauernde Nahrungsquelle für die Pflanzen liefern, indem diese die im Boden mittelst der Wurzeln aufgenommene Kohlensäure, ebenso wie die von den Blättern aus der Luft aufgenommene, zersetzen. Das alles sind längst bekannte Sachen. Für ganz neu muss man aber die Gedankenreihe erklären, mittelst deren der Verf. (S. 56) zur Unterstützung der Ansicht, dass der Humus nicht in löslichem Zustande von den Pflanzen aufgenommen wird, die Vegetation der Vorwelt und der Tropenländer zu Hülfe ruft, wenn er von der ersteren sagt,

dass die riesenhaften Palmen, Gräser (sic!), Farrenkräuter in Folge ihrer ungeheuren Ausdehnung der Blätter den Boden für ihre Nahrung ganz entbehren konnten, wesshalb auch diese Pflanzen sich von den gegenwärtig lebenden durch die unbedeutende Entwicklung der Wurzeln unterschieden, wie man denn auch in den Braunkohlenlagern die Wurzeln in Folge ihrer schnell eingetretenen Fäulniss nicht mehr finde, wenn er von der Vegetation der Tropenländer dagegen anführt, dass in den heissen Climaten die grünenden Gewächse mehrentheils solche seien, die nur einer Befestigung in dem Boden bedürfen, um ohne seine Mitwirkung sich zu entwickeln, wenn er zum Beweise dieses Satzes auf die geringe Grösse der Wurzeln von Cactus, Sedum, Sempervivum hinweist und fernerhin glaubt, dass bei den milchenden Gewächsen die zu ihrer Existenz nothwendige aus der Luft aufgenommene Feuchtigkeit durch die Beschaffenheit des Saftes selbst vor Verdunstung geschützt werde, indem das Wasser von Kautschuk und Wachs, von einer Art von undurchdringlicher Hülle umgeben sei. — Risum teneatis amici! Welchen Begriff muss der Mann von der Organisation der Pflanzen, von der Flora der Vorwelt und der Tropenländer haben! Und nun, nachdem uns L. in diesen Abgrund von Unwissenheit hat hinabsehen lassen *), fährt er mit

---

*) Es wäre für die botanischen Leser dieser Schrift eine wahre Beleidigung, wollte ich sie auf die Masse von Ungereimtheiten, welche L. in der obigen Beweisführung zusammenhäufte, speciell aufmerksam machen, für Nichtbotaniker sind vielleicht einige Bemerkungen nicht am unrechten Platze. In Beziehung auf die Vegetation, deren Reste sich in den Kohlenlagern finden, muss man wesentlich die älteren Lager, die eigentlichen Steinkohlen, von den späteren, den Braunkohlen unterscheiden, indem die ersteren einer

einer beneidenswerthen Selbstzufriedenheit fort, dass es nach »den vorhergehenden Betrachtungen völlig zwecklos und über-

---

sehr eigenthümlichen Vegetation, die letzteren einer mit der Flora von Nordamerica nahe verwandten ihre Entstehung verdanken. Die Bemerkungen L's beziehen sich auf die ersteren. Die Pflanzen, deren Reste man in den Steinkohlenlagern noch zu erkennen vermag, gehören grösstentheils den Gefässcryptogamen an; wenn wir Ad. Brongniarts Aufzählung vom Jahre 1828, welche hiezu vollkommen genügt, zu Grunde legen, so gehören von den 258 Pflanzen der Steinkohlenformation 219 zu der genannten Classe; die von L. angeführten Gräser finden sich ebensowenig in den Steinkohlen als in den neueren Gebirgsformationen, Palmen finden sich in der Kohlenformation nur ein paar. Unter den Gefässcryptogamen sind die Mehrzahl Farne (150 Arten), die übrigen sind grösstentheils colossale Schafthalme (14 Arten) und Lycopodiaceen (86) Arten. Die Schafthalme hatten ohne Zweifel, wie unsere jetzigen, kleine, schuppenförmige Blätter, die gar nicht in Betracht kommen, die Lycopodiaceen hatten schmale, linienförmige Blätter, so dass man sie in diesem Puncte etwa mit unseren Tannen (welche übrigens in der Steinkohlenformation auch schon repräsentirt waren) vergleichen kann. Die ungeheure Ausdehnung der Blätter der damaligen Pflanzen reducirt sich also auf die Farne, welche allerdings, wie die der jetzigen Zeit, sehr entwickelte Blätter hatten. Merkwürdigerweise aber hatten die colossalen Baumfarne jener Flor kleinere Blätter, als unsere jetzigen Baumfarne, sie waren, wie die Lycopodiaceen, von unseren jetzigen hauptsächlich durch die Grösse der Stämme verschieden. Es hatten nach dem Gesagten beinahe die Hälfte der damaligen Gefässcryptogamen sehr kleine Blätter, die übrigen im Verhältniss zur Grösse der Stämme kleinere Blätter als die jetztlebenden. Das Gemeinschaftliche dieser Pflanzen, wodurch sie sich von unserer jetzigen Flor unterschieden, liegt also nicht vorzugsweise in ihrer äusseren Form und in ihrem Blätterreichthum, sondern in ihrer systematischen Stellung. Nun zeigt aber die Pflanzengeographie, dass es vorzugsweise die Wärme und Feuchtigkeit des Climas ist, von welchen das Gedeihen der Gefäss-

flüssig erscheinen würde, wenn man durch einzelne Beispiele von Pflanzen, die in Versuchen im Kleinen, ohne Beihülfe von

---

cryptogamen abhängt, dass dieselben auch noch jetzt auf feuchten und warmen Inseln in grosser Menge vorkommen, auf einigen sogar $1/2$ bis $2/3$ der Gesammtvegetation bilden. Wir dürfen hieraus schliessen, dass die Steinkohlenvegetation das Product eines ähnlichen Climas gewesen sei, keineswegs aber können wir aus den Verhältnissen, unter welchen wir jetzt verwandte Pflanzen finden, den Schluss ziehen, dass die Pflanzen der Vorwelt auf einem humusfreien Boden gewachsen seien, und dass sie auf die Ernährung durch die Luft angewiesen waren; im Gegentheile es ist gar nicht unwahrscheinlich, dass sie auf Sumpf- und Torfboden gewachsen sind.

Alle diese Pflanzen besassen keine unter der Form einer verästelten Wurzel nach unten wachsende Verlängerung ihres Stammes; dass sie Wurzeln hatten, lässt sich bei den colossalen Dimensionen ihrer Stämme leicht denken, denn wodurch sollten diese in ihrer aufrechten Stellung erhalten worden sein? Das wahre Verhältniss ist aus dem Bau unserer jetztlebenden Pflanzen leicht zu erklären. Alle Cryptogamen und Monocotyledonen besitzen keine Pfahlwurzel, sondern ihre Wurzel besteht aus Wurzelzasern, welche bei aufrechten Stämmen aus der Basis derselben, bei kriechenden der Länge des Stammes nach hervorsprossen, wie das z. B. am Mais, an Palmen u. s. w. im Gegensatze gegen unsere Bäume zu sehen ist. Dieses Verhältniss findet sich bei einem vollen Drittheile unserer Pflanzen. Diese Zaserwurzeln sind im Verhältnisse zur Dicke des Stammes dünn, fallen daher weniger, als die grossen Wurzeln unserer Bäume in die Augen, sie sind aber meistens in grosser Anzahl vorhanden. Die Aufsaugung der Wurzel ist eine Function des jüngeren, der Spitze zunächst liegenden Theiles derselben; die älteren, verholzten, mit verhärteter Rinde überzogenen Wurzeln tragen dazu nichts bei, die Aufsaugung steht daher in keinem directen Verhältnisse zur Masse der ganzen Wurzel, sondern im Verhältnisse zur Zahl der einsaugenden Wurzelspitzen. Dass diese bei den mit einer Pfahlwurzel versehenen Pflanzen im Verhältnisse zur Masse

Dammerde zur völligen Ausbildung gebracht worden sind, zu den Beweisen, die man über den Ursprung des Kohlenstoffs hat, noch neue hinzufügen wollte, die sie unter keinen Umständen schlagender und überzeugender machen können«. Es ist doch für einen Mann, der Anspruch auf naturwissenschaftliche Bildung macht, eine Schande, solche Albernheiten hinzuschreiben und eine Frechheit, Sätze, die sich auf dieselben stützen, für wissenschaftlich begründet auszugeben.

---

des Gewächses grösser ist, als bei den einer Pfahlwurzel entbehrenden Gewächsen lässt sich keineswegs behaupten; es lässt sich somit aus organographischen Gründen der Satz, dass Pflanzen mit einer dicken, verzweigten Wurzel, wie sie unsere Bäume haben, mehr auf die Ernährung durch den Boden, die mit Zaserwurzeln versehenen auf die Ernährung durch die Luft angewiesen seien, keineswegs rechtfertigen.

Liebig selbst betrachtet mit Recht die Aufnahme unorganischer Substanzen als nothwendig für das Gedeihen der Gewächse; diese Substanzen können nur durch die Wurzel aufgenommen werden. Die Equisetaceen und Farne gehören nicht zu den Pflanzen, welche sich durch einen geringen Aschengehalt auszeichnen, unsere europäischen Farne sind zum Theile an eine bestimmte Bodenmischung gebunden, einige finden sich nur auf Kalkboden, andere nur auf Urgebirge, die Aufnahme von bestimmten Erdarten ist daher für sie eine Nothwendigkeit. Kann man unter diesen Verhältnissen glauben, die Farne und Equisetaceen der Vorwelt hätten den Boden für ihre Nahrung entbehren können, die Wurzeln nicht ebenso nothwendig als unsere Pflanzen gehabt?

Der Leser wird mir wohl gerne erlassen, auch das von L. über die Tropenflora Gesagte zu commentiren; dasselbe ist wo möglich noch trostloser. Wenn man die üppige Tropenflora mit ihren Urwäldern, Palmen, baumförmigen Gräsern, ihrem unendlichen Formenreichthume zu ein paar Cactus, Sempervivum und sogar Sedum zusammenschrumpfen lässt, und wenn man die milchenden Pflanzen in eine Kautschukhülle kleidet, dann kann man freilich behaupten, was man will, beweist aber nur seine eigene Unkenntniss der Sache.

Das dritte, die Assimilation des Wasserstoffs behandelnde Capitel ist ein vortrefflicher Commentar zu dem Satze, dass die Chemie über die chemischen Vorgänge im Innern der Pflanze noch nicht viel mehr, als gar nichts ausgemittelt hat. Es erhellt dieses aufs deutlichste gleich aus dem ersten Satze, nach welchem die Holzfaser aus Kohlenstoff und den Bestandtheilen des Wassers, oder aus Kohlensäure plus einer gewissen Menge Wasserstoff besteht, nach welchem man daher ihre Bildung nach der gewöhnlichen Ansicht aus der Verbindung der Kohle der im Lichte in den Blättern zersetzten Kohlensäure mit den Elementen des Wassers, oder aus der Verbindung der aufgenommenen Kohlensäure mit dem Wasserstoff von zersetztem Wasser erklären kann. Hier haben wir also schon beim ersten Schritte des Assimilationsprocesses ein: Entweder oder. L. hält nun hier (S. 60) die Zersetzung des Wassers für viel wahrscheinlicher, als die Zersetzung der Kohlensäure, weil das Wasser überhaupt der weit leichter zersetzbare Körper sei. Das lässt sich hören, wenn es gleich kein entscheidender Grund ist; was soll man aber von der Consequenz des Verfassers halten, wenn in allen übrigen Capiteln des Buches die Zersetzung der Kohlensäure als eine ausgemachte Thatsache angenommen und (S. 121) den Blättern eine Kraft der Assimilation zugeschrieben wird, welche mit den mächtigsten chemischen Agentien nicht verglichen werden könne, denn sie seien im Stande, die Kohlensäure zu zersetzen, was die mächtigste galvanische Batterie nicht zu leisten im Stande sei?

Wenn L. an die obige Darstellung den Satz anknüpft, dass aller zum Bestehen einer organischen Verbindung unentbehrliche Wasserstoff durch Zersetzung von Wasser der Pflanze

geliefert werde (S. 61), so ist einmal nach dem vorhergehenden noch nichts weniger als gewiss, dass das Wasser zersetzt wird, und anderntheils hat L. nicht daran gedacht, dass er für das Leben der Pflanze die Aufnahme von Ammoniak für unumgänglich nothwendig hält. Was wird aus dem Wasserstoffe von diesem?

Wenn L. ferner (S. 62) angibt, man könne sich die Bildung der Säuren, sauerstoffleeren ätherischen Oele, des Kautschuks vorstellen als Verbindungen von Kohlensäure mit Wasser, bei welchen ein grösserer oder geringerer Theil oder auch aller Sauerstoff ausgeschieden worden sei, so mag zwar von chemischer Seite gegen diese Vorstellung nichts einzuwenden sein, aber physiologisch ist die Bildung dieser Verbindungen nicht im mindesten erklärt. Wenn diese Vorstellung für uns irgend einen Werth haben sollte, so müsste vor Allem entschieden oder auch nur wahrscheinlich sein, dass diese Verbindungen sich wirklich aus Wasser und Kohlensäure bilden und nicht aus anderen organischen Verbindungen; wenn aber das letztere der Fall ist, wenn ätherische Oele etc. in Folge der Einwirkung verschiedener organischer Substanzen auf einander entstanden sind, wenn sie bestimmte Metamorphosenstuffen der vegetabilischen Substanz darstellen, dann ist von Zersetzung von Kohlensäure und Wasser keine Rede, denn diese existiren nicht mehr als solche in den organischen Verbindungen, dann ist der Process, dem sie ihre Entstehung verdanken, ein wesentlich anderer und diese Darstellung L.'s ist nicht entfernt »ein Bild, um ihre Entstehung zu versinnlichen«, sondern vollkommen eben so unrichtig, als z. B. der Satz, es bestehe der Zucker aus Weingeist und Kohlensäure.

Im vierten Capitel, welches den Ursprung und die

Assimilation des Stickstoffs behandelt, geht L. von dem sehr richtigen Satze aus, dass auch im humusreichsten Boden ohne stickstoffhaltige Substanz keine Vegetation stattfinden könne und dass, wie dieses Boussingault nachgewiesen habe, der Stickstoff der Pflanzen aus der Atmosphäre stammen müsse. L. verwirft nun (S. 65) die Ansicht, dass die Pflanzen den Stickstoff der Luft direct*) assimiliren, leitet ihren Stickstoffgehalt von dem von ihm entdeckten Ammoniakgehalte des Regenwassers ab und führt zum Beweise, dass der Stickstoff in Form von Ammoniak in die Pflanzen übergeführt werde, Beobachtungen über das Vorhandensein von Ammoniaksalzen im Safte von Ahornen, Birken u. s. w. an (S. 72.).

Dieser Gedanke ist ohne allen Zweifel der für die Physiologie der Gewächse werthvollste des ganzen Buches. Wie sich aber L. in der ganzen Schrift damit begnügte, die entfernten Ursachen einer Erscheinung in's Auge zu fassen, ohne die näheren Verhältnisse und das für die Physiologie oft weit wichtigere Detail zu untersuchen, so auch hier. Da ihm der Ammoniakgehalt des Regenwassers zur Erklärung des Stickstoffgehaltes der Pflanzen ausreichend schien, so unterliess er zu untersuchen, ob nicht auch salpetersaure Salze einen Beitrag dazu liefern und nimmt ohne allen bestimmten Grund an

---

*) Dass übrigens dieser Satz bis jetzt eines vollgültigen wissenschaftlichen Beweises ermangelt, brauche ich für diejenigen, welche Boussingaults Versuche kennen, nicht erst zu bemerken, indem diesen zufolge einzelnen Pflanzen das Vermögen, den atmosphärischen Stickstoff zu assimiliren, allerdings zukommt. Ob sich dieses nun bestätigen wird oder nicht, steht noch dahin; es ist diese directe Assimilation des Stickstoffs freilich nicht wahrscheinlich, aber Wahrscheinlichkeiten sind noch keine wissenschaftliche Sätze.

(S. 76), dass Borago, die Chenopodien, die Sonnenblume ihren Gehalt an salpetersauren Salzen nur dem Ammoniak verdanken, dass sie sich die Salpetersäure selbst bilden; eine Ansicht, welche wenigstens durch die Versuche von John keineswegs bestätigt wird, und von welcher L. selbst mit seiner gewöhnlichen Consequenz an einer späteren Stelle (S. 99) das gerade Gegentheil behauptet, indem er annimmt, dass die Chenopodien u. s. w. die salpetersauren Salze, wenn sie gedeihen sollen, nothwendig im Boden finden müssen. Ferner hat L. völlig unterlassen, die Form, in welcher das Ammoniak den Pflanzen zugeführt wird, zu untersuchen. Da die Pflanzen beinahe ohne Ausnahme in einem humosen Boden stehen, so wäre, um diese Frage zu lösen, das Verhältniss des atmosphärischen Ammoniaks zum Humus zu erläutern gewesen, ein Verhältniss, welches nicht blos in theoretischer, sondern auch in practischer Hinsicht vom grössten Interesse ist. L. machte es sich hiemit sehr leicht, indem er (S. 83) annimmt, der Humus verhalte sich zum Ammoniak auf ähnliche Weise, wie das Kohlenpulver, d. h. condensire das Ammoniak. Nun lässt sich aber, wie oben angeführt, der Humus durch Kohlenpulver nicht ersetzen, sondern es wachsen die Pflanzen, ungeachtet das Kohlenpulver das Ammoniak noch in stärkerem Maasse einzusaugen vermag, in demselben sehr schlecht. Dieser Umstand ist also nicht geeignet, einen Beweis für die Richtigkeit der L.'schen Erklärung abzugeben. Hier wäre es das Geschäft des Chemikers gewesen, sich nicht mit der Thatsache, dass faules Holz das Ammoniak condensirt, zu begnügen, sondern zu untersuchen, ob und welche chemische Verbindungen dasselbe mit dem Humus der Dammerde bildet. Bekanntlich nehmen C. Sprengel, Mulder u. A. an, dass das Ammoniak mit dem Humus

auflösliche Verbindungen bilde und namentlich schreibt MULDER (bullet. d. sc. natur. en Néerl. 1840. 81) dem humussauren Ammoniak und seinen Verbindungen mit Basen und Salzen die grösste Wichtigkeit für die Ernährung der Pflanzen zu, SAUSSURE fand in allen Dammerden ein auflösliches, stickstoffhaltiges Extract, von welchem er die Zuführung des Stikstoffs zu den Pflanzen ableitet. Anstatt solche Untersuchungen selbst zu machen, anstatt die nach dem Erscheinen seiner Schrift von Chemikern wie MULDER und SAUSSURE bekannt gemachten Untersuchungen in seinen Entgegnungen auf die gegen seine Theorie erhobenen Angriffe auch nur zu würdigen, weist L., wie wir weiter unten sehen werden, die ganze Frage mit der Bemerkung, dass die in der Dammerde vorkommenden humosen Substanzen in Wasser gänzlich unauflöslich seien, von der Hand.

An die Anwesenheit von kohlensaurem Ammoniak in der atmosphärischen Luft knüpft L. seine Erklärung von der Wirksamkeit des Gypses an. Er nimmt an, es werde derselbe vom kohlensauren Ammoniak der Luft zersetzt, er sei somit ein Mittel, Ammoniak zu fixiren und den Pflanzen zuzuführen, es sei dieses »aus der so in die Augen fallenden Wirkung des Gypses auf die Entwicklung der Grasarten, der gesteigerten Ueppigkeit und Fruchtbarkeit einer mit Gyps bestreuten Wiese« sichtbar. Diese Erklärung ist zwar chemisch, aber nicht physiologisch richtig. Bekanntlich hat der Gyps auf das Wachsthum der Leguminosen den auffallendsten Einfluss, ohne die Gräser bedeutend in ihrem Wachsthume zu fördern; wäre seine Wirkung in der Fixirung des Ammoniaks begründet, so wäre kein Grund vorhanden, warum er nicht allen Pflanzen und besonders den Getreidearten nützen sollte. Da dieses nun aber nicht der Fall ist, (ungeachtet L. in den Annal. d. Chem. u. Pharmac.

XLI S. 369. behauptet, er sei dem Getreide ebenso nützlich, wie dem Klee, so wollen doch die Landwirthe, welchen hierin unstreitig allein ein competentes Urtheil zusteht, hievon nichts wissen) so hat die Annahme, dass die specielle Wirkung auf die Leguminosen im Schwefelsäuregehalte des Gypses begründet sei, eine überwiegend grosse Wahrscheinlichkeit für sich.

Wenn ferner L. (S. 82) die düngende Wirkung des gebrannten Thones und des Eisenoxydes (deren Wirkung er für eine früher unbegreifliche erklärt) der Anziehung von Ammoniak zuschreibt, so gebührt ihm hierin die Priorität nicht, indem Sprengel (die Lehre vom Dünger S. 343) ebenfalls den Nutzen dieser Stoffe in einer durch dieselbe veranlassten Zuführung von Ammoniak zur Pflanze suchte und nur in der chemischen Erklärung des Vorganges von L. abwich, da er annahm, es bilde sich das Ammoniak durch den Einfluss des gebrannten Thones aus Stickstoff und Wasser.

In dem fünften, die unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien überschriebenen Capitel verwirft L. mit vollstem Rechte die früher so häufig ausgesprochene Ansicht, dass die von den Pflanzen aufgenommenen Salze als Reitzmittel zu betrachten seien und nimmt an, dass die aus dem Boden aufgenommenen basischen Substanzen nothwendige Bestandtheile der Vegetabilien seien. Er geht hiebei von dem Satze aus, dass alle Pflanzen vegetabilische Säuren enthalten, welche mit anorganischen oder mit organischen, von den Pflanzen selbst gebildeten Basen zu neutralen oder sauren Salzen verbunden seien, dass man bei der constanten Entwicklung dieser Säuren annehmen müsse, dass sie zu gewissen Lebenszwecken dienen, dass ihre Bildung ein nothwendiger Theil des Lebensprocesses der Pflanzen sei, dass desshalb die Pflanzen nicht

ohne eine hinreichende Menge von alkalischen Basen, mit welchen die Säuren Verbindungen eingehen können, gedeihen. Aus diesen Praemissen zieht er nun den Schluss, dass verschiedene erdige und alcalische Basen einander ersetzen können und dass die Quantität der von der Pflanze aufgenommenen Salzbasen von der Sättigungscapacität der von ihr gebildeten Säuren abhänge.

Dieser Satz ist der zweite neue und für die Physiologie beachtenswerthe Gedanke der vorliegenden Schrift. Für bewiesen kann er zwar, da er sich nur auf die Analyse von zwei Pflanzenarten stützt, und da noch dazu bei einer der in Betracht kommenden Analysen die Quantität der Asche von Berthier gar nicht angegeben wurde, noch nicht gehalten werden, allein es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass er sich als allgemeine Regel herausstellen wird. Ob dagegen durch denselben das Räthsel, welches in der Aufnahme der unorganischen Substanzen liegt, gelöst ist, möchte ich bezweifeln. Diese Theorie ist nämlich insoferne einseitig, als sie blos die basischen Eigenschaften der Erden und Alkalien beachtet, dagegen die specifischen Eigenschaften, welche jedem dieser Stoffe in höherem oder niedererem Grade zukommen, ausser Augen lässt. Viele Umstände weisen darauf hin, dass die Stellvertretung der einen Basis durch eine andere nur bis auf einen gewissen Grad möglich ist, dass dieselbe Menge einer Basis, welche für die eine Pflanzenart durchaus nothwendig zu ihrem Gedeihen sein kann, auf eine zweite wahrhaft giftig wirkt, während sie von derselben Pflanze in geringerer Menge ohne Schaden aufgenommen wird. In dieser Beziehung spielt hauptsächlich die Kalkerde eine bedeutende Rolle, wie besonders die Vergleichung der Flora der Kalkalpen mit der der Urgebirgalpen zeigt. Dass in dieser

Beziehung verschiedene Pflanzenarten sich sehr verschieden verhalten, dass die eine gleich gut auf dem Urgebirge und Kalkgebirge wächst, während die andere eine ganz bestimmte Bodenmischung verlangt, ist bekannt. Bei solchen bodensteten Pflanzen kommt also eine unbedingte Stellvertretung der einen Basis durch eine andere*) entschieden nicht vor, wenn es gleich

*) Liebig nimmt in einer späteren Schrift (die organ. Chemie in ihren Beziehungen zu Dr. Gruber und Sprengel S. 51) diese unbedingte Stellvertretung zurück; wenn er dagegen behauptet, »es hätte ihm nie in den Sinn kommen können, eine solche zu behaupten,« da ein ganzes Capitel seines Buches der Auseinandersetzung gewidmet sei, warum gewisse Pflanzen nicht ohne bestimmte Basis sich entwickeln können, so finde ich das etwas stark. L. sagt S. 92 ganz allgemein, wenn eine Pflanze eine gewisse Menge von pflanzensauren Salzen nöthig habe, so werde sie Kali oder Kalk aufnehmen müssen, wenn sie diese nicht finde, so werde das Fehlende durch andere alkalische Basen von gleichem Wirkungswerthe ersetzt werden, wenn sich ihr keine von allen darbiete, so werde die Pflanze zu Grunde gehen; ferner sagt er S. 95, wenn im Mohne eine organische Säure durch eine unorganische vertreten werden könne, ohne dass die Entwicklung der Pflanze darunter leide, so müsse dieses in einem um so höheren Grade bei den unorganischen Basen stattfinden können, finden die Wurzeln die eine Base in hinreichender Menge vor, so werden sie um so weniger von der andern aufnehmen. Das ist doch deutlich genug. Wenn L. in einem andern Capitel Beispiele vom Gegentheile anführt, so ist das nur wieder ein Beweis von seiner Inconsequenz, die den Leser beinahe bei jedem wichtigen Punkte über die eigentliche Ansicht des Verfassers in völliger Ungewissheit lässt. Wenn ferner L. sagt, er hätte ein ganzes Capitel der Auseinandersetzung gewidmet, warum gewisse Pflanzen nicht ohne bestimmte Basis sich entwickeln können, so sollte man vermuthen, er hätte bestimmte Gründe dafür angegeben, warum die eine Pflanze gerade Kalkerde, Kieselerde u. s. w. aufnehme, und warum zu ihrem Lebenspro-

wahrscheinlich ist, dass sie bei jeder Pflanze bis auf einen gewissen Grad möglich ist. Ein Grund für das Nichtvorhandensein einer absoluten Stellvertretung möchte aus der L.'schen Theorie selbst abzuleiten sein. Wenn die aufgenommenen Alcalien und Erden die Bestimmung haben, mit den vegetabilischen Säuren Salze zu bilden, so ist zwar der Zweck der Neutralisirung der Säure durch jede Basis möglich, allein die Beschaffenheit des Salzes kommt auch in Rechnung, es kann z. B. nicht gleichgültig sein, ob bei einer Pflanze, welche Kleesäure bildet, diese in Verbindung mit Kalk sich als unauflösliches Salz in Krystallform niederschlägt und so jeder Einwirkung auf die Pflanze entzogen wird, oder ob sie in Verbindung mit Kali sich im Zellsafte in Auflösung erhält.

Ein zweiter Punct, über welchen die L.'sche Theorie keinen Aufschluss gibt, ist der, dass die von der Pflanze aufgenommenen Salzbasen nicht blos in der Form von kohlen-

---

cesse gerade diese bestimmten Stoffe gehören. Davon findet sich aber nicht eine Spur im ganzen Buche, sondern blos die Angabe, dass eine Pflanze des kohlensauren Kalkes, des phosphorsauren Kalkes u. s. w. bedürfe. Das sind Angaben von Thatsachen, welche längst bekannt waren, aber keine wissenschaftliche Erklärungen. Nur einmal ist ein bestimmter Zweck angegeben und zwar von der Kieselerde (S. 152), von der es heisst, sie sei die erste feste Substanz, welche in die Pflanzen gelange, sie scheine die Materie zu sein, von der aus die Holzbildung ihren Anfang nehme, und ähnlich zu wirken wie ein Stäubchen, an das sich in einer crytallisirenden Salzlösung die ersten Krystalle bilden (anlegen?); bei Equisetum und beim Bambus nehme die Kieselerde Form und Function des Holzkörpers an. Aecht chemisch, aber physiologisch vollkommen unbrauchbar, und die absolute Unwissenheit des Verfassers in allem, was die Organisation der Pflanzen betrifft, beurkundend!

sauren, durch die vegetabilischen Säuren leicht zersetzbaren Salzen, sondern sehr häufig als schwefelsaure, phosphorsaure u. s. w. Salze aufgenommen werden. Nach allen Erfahrungen sind diese Salze für die Pflanzen nicht weniger nothwendig, als die mit den organischen Säuren sich verbindenden Basen. Ebenso ist die Kieselerde ein für viele, wenn nicht für alle Pflanzen durchaus nothwendiger Bestandtheil. Welche Rolle diese Stoffe im Lebensprocesse der Pflanze spielen, ist grösstentheils ganz unbekannt; wir können zwar vermuthen, dass die schwefelsauren Salze der Pflanze den Schwefel zur Bildung der schwefelhaltigen organischen Substanzen liefern, allein wir kennen z. B. von den phosphorsauren Salzen nicht entfernt ihre Bedeutung, wir wissen nicht, warum sie vorzugsweise in den jugendlichen Organen und im Samen sich finden, wir wissen durchaus nicht, welches die zum Gedeihen der Pflanze nothwendige Menge derselben ist, indem die Analyse nachweist, dass in demselben Organe die Menge derselben je nach der Bodenbeschaffenheit sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, z. B. in den Getreidesamen.

Im folgenden, die Cultur als Ueberschrift führenden Capitel gibt L. seine Theorie der Pflanzenernährung im Zusammenhange, so weit L. bei seiner ungeordneten Schreibart etwas im Zusammenhange darstellen kann.

Er geht davon aus, dass der Humus als solcher nicht von der Pflanze aufgenommen und zur Nahrung verwendet werden könne und zwar aus zwei Gründen, einem chemischen und einem physiologischen.

Der erste besteht darin, dass L. in Abrede zieht, dass dem Humus der Dammerde die Eigenschaften zukommen, welche ihm die Chemiker beilegen. Er sei nämlich gänzlich,

ja absolut unauflöslich in Wasser, verbinde sich auch nicht mit Erden zu auflöslichen Salzen, wie man deutlich an den Stalactiten der Kalkhöhlen sehe, welche, anstatt aus humussaurem Kalke zu bestehen, keine Spur von vegetabilischer Materie enthalten. Ich masse mir nicht an, in Beziehung auf die Differenz zwischen dieser von L. aufgestellten und der von den übrigen Chemikern ausgesprochenen Ansicht als Schiedsrichter auftreten zu wollen, es werden ohne Zweifel die Chemiker die hier in Betracht kommenden Fragen einer genauen Prüfung unterwerfen; ich erlaube mir jedoch ein paar Bemerkungen. Dass die in der Dammerde befindlichen humussauren Salze in Wasser auflöslich sind, kann bei der bestimmten Erfahrung, dass das Wasser aus der Dammerde eine gewisse Menge organischer, braungefärbter Substanz auflöst, (ein Versuch, der mit jeder Gartenerde gelingt) entschieden nicht angenommen werden, wohl aber scheint die Humuskohle die Fähigkeit zu haben, einer durch die Dammerde filtrirenden Auflösung diese Stoffe wieder zu entziehen, es müssten sonst wie das L. richtig bemerkt, unsere Quellwasser braun gefärbt sein; ausser der Humuskohle scheinen die unorganischen Substanzen des Bodens selbst diese Eigenschaft, dem Wasser die in ihm aufgelösten Substanzen zu entziehen, wenn auch in geringerem Grade, als die erstere, zu besitzen, ein Umstand, welchem hauptsächlich die Reinheit der aus grösserer Tiefe hervorkommenden Quellwasser zuzuschreiben ist. Diese Entziehung der organischen Bestandtheile ist aber offenbar nur eine unvollkommene, unsere Quellwasser sind niemals frei von organischer Substanz, wie ausser dem bestimmten Erfunde bei den Analysen schon der Umstand, dass sie der Fäulniss unterworfen sind, nachweist, ein Umstand, welcher genau mit dem

Resultate der neueren Untersuchungen SAUSSURE's (bibl. univ. Tom. 36 p. 350) übereinstimmt, welcher in allen Dammerden eine in Wasser lösliche stickstoffhaltige Substanz fand; die Stalactiten, wenigstens die der schwäbischen Alp, sind ferner nicht frei von organischer Substanz, denn in einer Glasröhre erhitzt, schwärzen sie sich. Aus diesen Umständen muss daher ein dem L.'schen Schlusse gerade entgegengesetztes Resultat abgeleitet werden, nämlich das, dass durch die Wasser, welche durch Dammerde filtriren, den Pflanzen immer eine wenn auch geringe Menge von organischer Substanz zugeführt wird. In wie weit nun diese auf den Ernährungsprocess der Pflanzen einen Einfluss äussert, dieses durch Versuche zu ermitteln, hätte L. besser angestanden, als die Sache kurzweg zu läugnen *). Wenn nun aber Liebig ferner sagt, dass der

*) SAUSSURE (bibl. univ. T. 36. p. 340 u. flg.) stellte, veranlasst durch L.'s Schrift neue Versuche über die Aufsaugung von humussaurem Kali und Dammerdeextract durch die Wurzeln der Pflanzen an, und fand, dass sie von denselben aufgenommen wurden. L. gibt sich nun die Mühe, durch Rechnung nachzuweisen, dass die Versuche nichts beweisen (Annal. d. Chem. et Pharm. XLII. 294), und stützt sich darauf, dass die Ackerbohne, welche während des Versuches um 6 Grammen zugenommen habe, nur 9 Milligrammen Humus verzehrt habe. Diese Rechnung ist dem Worte nach richtig, der Sache nach sehr falsch. Die Pflanze verbrauchte nicht zu einer Gewichtsvermehrung von 6000 Milligramm 9 Milligrammen Humus, denn die 6 Grammen Gewichtszunahme rühren nicht von Bildung fester Substanz allein her, sondern unter derselben ist das aufgenommene Wasser, welches wohl 90 p. C. betragen mag, mitbegriffen, der aufgenommene Humus betrug also $^1/_{66}$ der Gewichtszunahme, und bei dem Versuch von Polygonum Persicaria, wenn wir dieses auch für weniger saftig annehmen, jedenfalls über $^1/_{20}$. So billig hätte zum mindesten L. sein sollen, um nicht wasserfreien Humus

dem Einflusse der Luft nicht gehörig ausgesetzte Humus sich im Wasser mit brauner Farbe auflöse, dass aber in dem einen solchen Humus enthaltenden Boden keine Pflanze wachsen könne (S. 109), weil dieser Humus allen im Boden befindlichen Sauerstoff verzehre und den Wurzeln entziehe, so begreift man in der That nicht, wie es möglich ist, etwas dieser Art auch nur mit einiger Ueberlegung hinzuschreiben. Jeder, welcher auch nur einmal in seinem Leben ein ausgebildetes Torfmoor betrat, ist im Stande, die völlige Grundlosigkeit dieser Behauptung einzusehen.

Der zweite, physiologische Grund, welchen L. gegen die directe Ernährungsfähigkeit des Humus anführt, beruht im wesentlichen auf folgendem. L. geht davon aus, dass Nahrungsstoffe offenbar nur solche Materien seien, welche von aussen zugeführt alle Lebensfunctionen zu erhalten vermögen*), insoferne sie von den Organen zur Hervorbringung der ihnen eigenthümlichen Bestandtheile verwendet werden können. Ein Weizenkorn enthalte die Bestandtheile des Keimes und der

---

und frische Pflanzen mit einander in dieselbe Rechnung aufzunehmen, nachdem er Hlubek wegen einer ähnlichen Rechnung auf eine höchst unartige Weise getadelt hatte. Ich gebe gerne zu, dass diese Versuche Saussure's keine sichere Beweise für die Aufnahme und Ernährungsfähigkeit der humosen Substanzen sind, allein anzunehmen, dass die Resultate derselben in die Grenzen der Beobachtungsfehler fallen, ist gänzlich unzulässig, indem bei diesen Versuchen sich immer ein positives Resultat ergab, so lange die Wurzeln der Pflanzen gesund blieben und nicht durch ihre Fäulniss dem Wasser humose Substanzen zusetzten.

*) Diese Definition passt durchaus nicht auf die einzelnen Nahrungsstoffe; Amylum ist entschieden für den Menschen ein Nahrungsstoff, und doch kann von ihm allein der Mensch nicht leben.

ersten Wurzelfasern und zwar, müsse man voraussetzen, genau in dem Verhältnisse, welches zu ihrer Entwicklung nöthig sei (S. 116). Wäre einer der Bestandtheile, Stärke oder Kleber, im Ueberschusse vorhanden, so könnte er zur Blattbildung oder überhaupt nicht verwendet werden. Ebenso sei bei der erwachsenen Pflanze, deren Nahrung aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser bestehe, die organische stickstofffreie Substanz, welche in den Blättern gebildet werde und zur weiteren Ausbildung der Pflanze diene, stets von einer stickstoffhaltigen Verbindung begleitet und es sei ein bestimmtes Verhältniss zwischen beiden Bedingung ihrer Entstehung; es können desshalb auch stickstofflose Substanzen, welche von der Wurzel aufgenommen und in die Blätter geführt werden, wie Gummi, Zucker u. s. w., und die diesen Stoffen chemisch zunächst stehende Humussäure nicht von den Pflanzen zur Nahrung verwendet werden, sondern würden nur die Lebensfunctionen der Blätter stören und die Pflanze tödten (116).

Betrachten wir diesen Satz etwas näher. Ueber die Nothwendigkeit der Aufnahme stickstoffhaltiger Verbindungen zur Ernährung der Gewächse ist Jedermann einverstanden. Existirt aber das bestimmte von L. geforderte quantitative Verhältniss in der Aufnahme und Verarbeitung der stickstoffhaltigen und stickstofflosen Nahrungsmittel? Liebig sagt, man müsse annehmen, dieses Verhältniss finde sich im Weizenkorne. Nach Hermstaedt's bekannten Untersuchungen der Getreidearten findet ganz entschieden das Gegentheil statt, denn wenn in dem einen Weizensamen 41 p. C. Stärke und 34 p. C. Kleber und in einem andern 65 p. C. Stärke und 9 p. C. Kleber sind, so ist von einem genau nothwendigen Verhältnisse zwischen beiden Bestandtheilen nicht entfernt die Rede. Dass aber nicht

blos im Samen, sondern auch in den Vegetationsorganen dieses bestimmte Verhältniss zwischen stickstoffhaltigen und stickstofflosen Bestandtheilen nicht vorkommt, dafür bietet uns z. B. die sehr abweichende Beschaffenheit der Runkelrübe, je nachdem sie auf einem an vegetabilischer Modererde reichen, oder auf einem mit thierischen Stoffen gedüngten Boden wuchs, ein sehr bestimmtes Beispiel dar. Die chemische Analyse bestätigt also diese Theorie nicht. Liebig selbst glaubt aber an diese Nothwendigkeit eines bestimmten Verhältnisses zwischen stickstoffhaltigen und stickstofflosen Nahrungsmitteln, so wie daran, dass bei relativem Mangel an Stickstoff die im Ueberschuss gebildeten Verbindungen (welche sich übrigens dem Vorhergehenden zu Folge gar nicht bilden sollten) unter der Form von Secretionen durch Wurzel und Rinde ausgestossen werden (119), eben nicht besonders stark, denn er sagt (S. 120), wenn den Pflanzen verhältnissmässig mehr Kohlensäure als Stickstoff zugeführt werde, so werde der Kohlenstoff weder in Kleber, noch in Eiweiss, noch Holz, noch in sonst einen Bestandtheil eines Organes übergehen, sondern er werde in Zucker, Amylum, Oel, Wachs, Harz, Mannit, Gummi, in der Form also eines Excrementes abgeschieden werden, oder mehr oder weniger weite Zellen und Gefässe füllen.

In anatomischer Hinsicht ist diese Ansicht, dass die Organe der Pflanze aus Kleber, Eiweiss und Holz bestehen, die übrigen Bestandtheile, wie Zucker, Amylum u. s. w. Secreta seien, entschieden unrichtig, indem die feste Substanz aller Organe nur aus Holzfaser besteht und alle übrigen Bestandtheile der Pflanze in den Zellen aufbewahrt sind, daher alle auf gleiche Weise der festen Substanz gegenüberzustellen sind. Ebenso liesse sich manches über die Ansicht, dass das in den Zellen aufbewahrte

Amylum, Gummi etc. Excrement und nicht Bestandtheil des Organes, von welchem die Zellen einen Theil bilden, sei, sagen. Wir wollen jedoch hievon ganz absehen.

Die Bemerkung L.'s, dass, um Holzfaser zu bilden, die Pflanze eine grössere Menge von Stickstoff nöthig habe, als um Zucker, Gummi, Amylum zu bilden, halte ich für völlig gegründet, es sprechen hiefür mancherlei Gründe, z. B. der einem jeden Pflanzenanatomen wohlbekannte und von Payen durch die chemische Analyse nachgewiesene Reichthum aller jugendlichen, noch in der Entwicklung begriffenen Organe an stickstoffhaltigen Säften, welcher Reichthum schliessen lässt, dass zur Entwicklung neuer Elementarorgane stickstoffhaltige Materien ein wesentliches Erforderniss sind, ein Satz, der seine hauptsächlichste Stütze in dem Resultate der neueren mikroskopischen Beobachtungen über Zellenbildung findet. Wenn das der Fall ist, so ist nicht unwahrscheinlich, dass zur Bildung der mit der Holzfaser nahe verwandten Substanzen, wie des Zuckers, Gummi's, Amylum's ebenfalls eine gewisse Menge von Stickstoff nöthig ist und dass, wie dieses auch L. annimmt, eine geringere Quantität von Stickstoff wohl zur reichlicheren Bildung solcher Substanzen, aber nur zu geringer Bildung von Holzfaser hinreicht. Ist es nun nicht denkbar (ich stelle das aber nicht als eine Wahrscheinlichkeit, sondern nur als eine Möglichkeit hin), dass eine Quantität Stickstoff, welche zur Bildung einer nur mässig grossen Quantität Holzfaser hinreicht, wenn sie sich in die Bereitung von Gummi u. s. w. aus Kohlensäure und Wasser, und in die Bereitung der Holzfaser aus diesen Stoffen theilen muss, dass dieselbe Quantität Stickstoff zur Bildung einer weit grösseren Menge von Holzfaser, daher zu stärkerem Wachsthume der Pflanze hinreicht, wenn von

der Pflanze ein Theil ihrer Nahrung bereits in der Form von Stoffen, welche aus Kohle und Wasser zusammengesetzt sind, welche also bereits die erste Stufe der Assimilation erreicht haben, von aussen aufgenommen wird? L. glaubt, dass in einem solchen Falle die Function der Blätter leide; ob das so sein muss, oder nicht, ist nicht zu bestimmen, denn wir haben keine Ahnung von den Variationen, welche der Assimilationsprocess je nach der Verschiedenheit der Nahrung erleiden kann. Es handelt sich auch in der Mehrzahl der Fälle nicht darum, dass die Pflanzen blos organische Substanz und Wasser aufnehmen, sondern darum, dass sie neben den unorganischen Substanzen auch eine gewisse Menge von organischen aufsaugen; in solchen Fällen würde also die Verarbeitung der unorganischen Substanzen in den Blättern nicht suspendirt, sondern es fände nur neben diesem Assimilationsprocess noch ein zweiter statt. Um die Unmöglichkeit eines solchen Vorganges zu behaupten, wäre doch zum mindesten unumgänglich nothwendig, dass wir den normalen Gang der Metamorphose der aufgenommenen Nahrungsmittel kennen würden. Es ist nun aber nicht blos die Art und Weise, wie sich Gummi und Zucker bildet, unbekannt, sondern wir wissen auch von den weiteren Verwandlungen dieser Stoffe in Holzfaser in chemischer Hinsicht nicht das mindeste, haben gar keine Analogie dieses Vorganges. Die Chemie kann zwar Holzfaser und Amylum in Zucker verwandeln, zum Theile aber nur durch Anwendung der stärksten chemischen Agentien, welche die Pflanze bei Wiederauflösung von Zellenmembranen u. s. w. nicht anwendet, den umgekehrten Process hat die Chemie noch nicht nachzuahmen vermocht und doch ist es gerade dieser Process, dem die Pflanze ihr Wachsthum verdankt. So lange wir die

Vorgänge bei diesen Processen nicht genau kennen, können wir auch nicht bestimmen, unter welchen Verhältnissen und durch Verwendung welcher Mittel sie die Pflanze auf eine ihrer Natur gemässe Weise vornehmen kann, und wo diese Grenzlinie überschritten wird; so lange wir dieses nicht können, sind wir einzig und allein auf den Versuch angewiesen, Pflanzen organische Substanzen aufsaugen zu lassen und die Erscheinungen, welche sich in ihrem Wachsthume darauf zeigen, zu beobachten. Nun habe ich schon oben darauf hingewiesen, dass viele Pflanzen nur unter solchen Verhältnissen leben, welche die Annahme, dass sie organische Nahrung aufnehmen, nothwendig machen; ferner sprechen dafür, dass auch unsere gewöhnlichen Culturpflanzen nach der Aufnahme organischer Substanzen ganz gut gedeihen, dass sie kräftiger wachsen, als wenn ihnen diese Stoffe nicht zur Aufsaugung dargeboten werden, die Versuche von Davy und Saussure, und bis jetzt ist wenigstens noch nicht nachgewiesen, dass diese Experimentatoren sich getäuscht haben. So lange das aber nicht geschehen ist, ist der weder auf experimenteller Basis, noch auf einer irgend detaillirten theoretischen Kenntniss des Ernährungsprocesses beruhenden Ansicht L.'s, dass organische Substanzen von den Pflanzen nicht zur Ernährung verwendet werden können, keinerlei Beweiskraft zuzuschreiben.

Liebig selbst fühlte wohl auch, dass ein aus der Erfahrung genommener Beweis für seine Behauptung nöthig sei, und glaubt diesen in dem üppigen Wachsthume der Culturpflanzen in den Umgebungen des Vesuves zu finden, auf einem Boden, welcher seinem Ursprunge nach nicht die mindeste Spur organischer Materie enthalte (S. 131), und dessen unerachtet als der Typus der fruchtbarsten Bodenarten zu betrachten sei.

Es ist mir keine chemische Analyse des aus vulcanischer Asche entstandenen Ackerbodens dieser Gegend bekannt und auch L. führt zum Beweise seiner Aussage keine an, sondern beruft sich auf den vulcanischen Ursprung des Bodens. Es wäre nun aber eines der unbegreiflichsten Wunder, wenn ein Boden, auf welchem seit vielen Jahrhunderten ein ausgedehnter Landbau und zwar zum Theil eine Art von Dreischwirthschaft getrieben wird, humusfrei wäre. Dieses könnte er nur sein, wenn er alle paar Jahre durch einen neuen Ausbruch so tief mit Asche überschüttet würde, dass der alte Boden mit allen organischen Resten ausser Bereich der Wurzeln käme. Das ist aber keineswegs der Fall, die Menge der ausgeworfenen Asche ist in der Regel hiezu viel zu unbedeutend; der stärkste Aschenfall seit der Zerstörung von Pompeji war bekanntlich der vom Jahr 1822, dieser betrug allerdings am Abhange des Vesuves 3′ und in der Ebene 15 — 18″, das war aber nach der Ansicht von Humboldt dreimal mehr, als man je vorher, seitdem man vulcanische Ausbrüche genau beobachtet, sah. Nun ist aber schon ein unbedeutender Aschenregen für die Vegetation im höchsten Grade verderblich, und tödtet die Pflanzen auf ganzen Strecken, so dass am Vesuv im Durchschnitte von acht Erndten eine dadurch zu Grunde geht; es sorgt somit hier die Natur gegen den Willen der Menschen von Zeit zu Zeit für eine Gründüngung in grossem Maasstabe, das Product von dieser wird denn doch wohl Humus sein. Damit stimmt auch ganz überein, dass Lyell (principl. of geol. II. 148) angibt, er hätte bei Pompeji unter dem 2 — 3″ tiefen Aschenauswurf vom Jahre 1822 eine 3 Fuss dicke Lage Dammerde (vegetable mould) gefunden.

Wenn L. fortfährt, es müsse unbegreiflich erscheinen, dass man sich in den Schriften der Agronomen und Physiologen

vergebens nach einem leitenden Grundsatze für die Cultur der Gewächse umsehe (S. 124), und im folgenden Theile des Capitels die Maxime aufstellt, dass die Cultur einer jeden Pflanze diejenigen Nahrungsmittel geben müsse, deren dieselbe zur Ausbildung der Organe und Stoffe, welche für die Zwecke des Menschen vorzugsweise wichtig seien, bedürfe, und wenn er fernerhin auseinandersetzt, dass das Mittel, um zu diesem Zwecke zu gelangen, in der chemischen Untersuchung der unorganischen Bestandtheile des Bodens liege, so ist das keineswegs ein neuer Grundsatz. Carl Sprengel hat eine lange Reihe von Abhandlungen und selbstständigen Werken geschrieben, um die Wichtigkeit der unorganischen Bestandtheile des Bodens für die Ernährung der Gewächse im allgemeinen und der einzelnen Stoffe für die verschiedenen Arten der Culturpflanzen, und für die verschiedenen Organe derselben Pflanze nachzuweisen, und wenn er auch im einzelnen da und dort fehlgegriffen haben sollte, so suchte er doch gerade die Grundansicht, welche L. vertheidigt, unter den Landwirthen zu verbreiten. Obgleich L. bei dieser Gelegenheit Sprengels Namen nicht nennt, so wird doch die Geschichte der Wissenschaft ihn nicht vergessen.

In dem letzten, die Wechselwirthschaft und der Dünger überschriebenen Capitel beschäftigt sich L. zuerst mit Untersuchung der schwierigen Frage, warum von derselben Pflanze nicht mehrere Generationen in unmittelbarer Folge auf demselben Boden gedeihen, und daher in der Landwirthschaft die Wechselwirthschaft nothwendig sei. Er glaubt, die Decandolle'sche Theorie dieser Erscheinung sei die einzige, welche eine feste Grundlage habe; nun hat aber diese unselige Excrementetheorie keine andere Grundlage, als die schlechten, ohne alle Umsicht angestellten Versuche von Macaire-Prinsep, dem-

selben Chemiker, der auch bei einer andern Gelegenheit Decandolle durch schlechte Untersuchungen zur Aufstellung einer falschen Theorie verleitete. L., welcher keine Ahnung davon hat, dass diese Versuche auf eine ganz unpassende Weise angestellt sind, und dass alle späteren Versuche dieser Art ein ganz entgegengesetztes Resultat gaben, spinnt nun die Decandollesche Theorie aufs feinste aus, demonstrirt a priori (S. 149), dass die Pflanzen Excremente haben müssen *), und dass diese zweierlei Art seien, einmal aus solchen Stoffen bestehen, welche von den Wurzeln aufgenommen, und zur Ernährung der Pflanzen nicht verwendet werden können, daher wieder dem Boden zurückgegeben werden, zweitens solche Stoffe, welche im pflanzlichen Organismus durch den Ernährungsprocess umgebildet, in Folge der Erzeugung von Amylum, Holzfaser, Kleber u. s. w. entstanden seien. Die Excremente der ersten Art können zur Ernährung einer zweiten Pflanze dienen, seien vielleicht nothwendig für dieselbe, die der zweiten Art können dagegen von keiner andern Pflanze zur Bildung von Holzfaser u. s. w. verwendet werden, ehe sie zu Humus vermodern und in Kohlensäure, Ammoniak u. s. w. zerfallen. Unter den Excrementen der ersten Art muss L., was er zwar nicht bestimmt ausspricht, was aber aus seiner ganzen Lehre der Pflanzenernährung folgt, nothwendi-

*) Wie sehr eine Meinung, welche einmal den Geist eingenommen hat, die einfachsten Thatsachen in einem schiefen Lichte erscheinen lässt, zeigt L., wenn er glaubt (S. 52), dass die 2 p. C. einer humosen Substanz, welche Buchner in dem Kohlenpulver fand, welches Lucas zu seinen Versuchen einige Jahre lang gebraucht hatte, von den Secretionen der Wurzeln herrühre, während doch die Annahme, dass diese Substanz von verfaulten Wurzeln u. s. w. herrühre, unendlich näher liegt.

gerweise nur unorganische Stoffe verstehen; bei denen der zweiten Art sind organische Stoffe natürlicherweise vorherrschend.

Diese ganze Theorie entbehrt nicht blos jeder sichern Basis, sondern sie steht auch mit der Erfahrung über den Fruchtwechsel in direktem Widerspruche. Sie entbehrt jeder Basis, weil die Erfahrung keine solche Ausscheidung von Excrementen durch die Wurzel nachweist. L. glaubt zwar, diese Ausscheidung müsse vorkommen, dafür hat er aber gar keinen Beweis, als die zweifelhafte Parallele mit dem Thierreiche; fiel hier L. nicht ein, dass er S. 24 sagte: die Analogie hat die unglückliche Vergleichung der Lebensfunctionen der Pflanzen mit denen der Thiere in dem Bett des Procrustes erzeugt, sie ist die Mutter, die Gebärerin aller Irrthümer? Die Nothwendigkeit von Wurzelsecretionen existirt nicht im mindesten. Zugegeben, dass in Folge des Ernährungsprocesses Produkte gebildet werden, welche für die Pflanze nicht weiter verwendbar sind, so können diese in Gasform durch die Blätter abgeschieden, in Form von Secreten in Drüsen, eigenen Gefässen niedergelegt sein, mit den Blättern abgeworfen werden u. s. w.

Im Widerspruche mit der Erfahrung über den Fruchtwechsel steht diese Theorie, weil nach derselben die Excremente der zweiten Art nicht blos für die Pflanze, von der sie ausgeschieden wurden, sondern überhaupt für jede Pflanze unassimilirbar und positiv schädlich sind, ehe sie in Humus verwandelt sind; nun weist aber die Erfahrung aufs überzeugendste nach, dass sich die Sache gerade umgekehrt verhält, denn in der umgebrochenen Kleestoppel, im Lucernen und Esparsettenacker, in welchem diese Pflanzen nicht mehr wach-

sen wollen, wachsen die übrigen Culturpflanzen sogleich aufs üppigste. Wollte L. dieser Einwendung durch die Annahme begegnen, dass diese Excremente zwar nicht für die Pflanze, von der sie abstammen, aber wohl für andere Pflanzen assimilirbar seien, so würde er damit seine ganze Lehre von der Ernährung der Gewächse umstossen, nach welcher nicht blos die bei der Bildung von Amylum, Zucker u. s. w. übrig bleibenden organischen Verbindungen, sondern Amylum, Zucker u. s. w. selbst (d. h. also sämmtliche organische Stoffe der Pflanze) für jedes andere Gewächs nicht assimilirbar und positiv schädlich sind.

Es ist schwer aus den Erscheinungen des Fruchtwechsels nicht Folgerungen zu ziehen, welche den von L. daraus abgeleiteten gerade entgegengesetzt sind. Die Unfruchtbarkeit des Bodens für Pflanzen derselben Art, während er für Pflanzen anderer Art fruchtbar bleibt, kann nur in zwei Umständen begründet sein. Der eine dieser Umstände kann darin bestehen, dass die erste Generation von Pflanzen dem Boden solche Stoffe entzieht, welche für die Pflanzenart nothwendig sind, welche daher eine zweite Generation nicht mehr in einer zu ihrem Gedeihen nothwendigen Menge findet, und desshalb verkümmert. Es findet dieses ohne Zweifel statt, allein der Hauptgrund der Erscheinung kann nicht hierin liegen, indem sonst Düngung den Boden wieder für diese Pflanzenart fruchtbar machen würde, was sie nur in unvollkommenem Grade zu erfüllen im Stande ist. Wir müssen daher annehmen, dass noch ein zweiter Grund vorhanden ist, welcher darin besteht, dass von der ersten Pflanzengeneration dem Boden etwas mitgetheilt wird, was schädlich auf die zweite Generation einwirkt; dieses kann nur ein organischer Stoff sein. Dass dieser Stoff in Excrementen be-

steht, wird, wie schon angeführt, durch die Versuche nicht bestätigt, er kann daher wohl in nichts anderem bestehen, als in den organischen Verbindungen, welche in den im Boden zurückbleibenden Wurzeln enthalten sind. Da nun auf einem solchen von Wurzeln durchzogenen Boden Pflanzen anderer Art sehr üppig, Pflanzen derselben Art nicht gedeihen, ehe ein oft mehrere Jahre langer Zwischenraum vorübergegangen ist, so muss man annehmen, dass die organischen Bestandtheile dieser Wurzeln von den Pflanzen aufgenommen werden, ehe sie in unorganische Verbindungen zerfallen, dass sie von Pflanzen fremder Art zu ihrer Ernährung verwendet werden, auf Pflanzen derselben Art dagegen schädlich einwirken. Damit haben wir aber einen Umstand, welcher beweist, dass der Ernährungsprocess nicht bei allen Pflanzen der gleiche ist, der wahrscheinlich macht, dass die Pflanzen organische Substanzen zu ihrer Ernährung verwenden, wir haben ein Seitenstück zu den schon oben bei den Schmarotzerpflanzen angeführten Erfahrungen. Diese Umstände weisen darauf hin, dass der Nutzen der Wechselwirthschaft nicht, wie L. glaubt, in Humuserzeugung (S. 156) beruht, sondern (ganz abgesehen von den vielen Gründen, welche in passender Vertheilung der Zeit für Ackerbestellung, in dem Nutzen, den die Cultur mancher Pflanzen durch Verdrängung des Unkrautes, durch Lockerung des Bodens hat u. s. w., liegen) darauf, dass man solche Pflanzen zieht, welche gedeihen, ehe die im Boden befindlichen Stoffe in Humus verwandelt sind und ihre specifischen Eigenschaften verloren haben.

An die Ableitung des Nutzens der Wechselwirthschaft von der Humuserzeugung schliesst L. eine Darstellung der Ernährung der Pflanze in ihren verschiedenen Lebensperioden an, auf welche wir einen Blick werfen müssen, indem sie von den

gewöhnlichen Ansichten nicht wenig abweicht, und in derselben L's Consequenz und seine physiologischen Kenntnisse in besonders hellem Lichte erscheinen.

L. nimmt an, dass die Pflanze während ihres Wachsthumes ungefähr ebensoviel Kohlenstoff, als sie aus dem Boden in der aus zersetztem Humus sich entwickelnden Kohlensäure empfange, wieder an den Boden zurückgebe. Dieser Gehalt des Bodens an Kohlenstoff reiche nun zwar in der ersten Periode des Wachsthumes für manche Pflanzen aus, um sie zu vollendeter Entwicklung zu bringen, allein er sei dennoch nicht hinreichend, um gewisse Theile ihrer Organe, Samen und Wurzeln, mit einem Maximum von Nahrung zu versehen; in der Agricultur müsse man nun aber das Maximum des Ertrages produciren, und dieses stehe »genau im Verhältnisse zu der Menge der Nahrungstoffe, die der Pflanze in der ersten Zeit ihrer Entwicklung« dargeboten werden (S. 154), desshalb sei es nöthig, alle Sorgfalt auf Vermehrung des Humus zu verwenden.

Dieser langen, etwas unklaren Rede kurzer Sinn ist wohl der, dass Körner- und Knollenerndte desto reichlicher ausfalle, je mehr Nahrung der Pflanze vor der Blüthezeit (denn das scheint L. unter dem Ausdrucke der ersten Zeit der Entwicklung einer Pflanze zu verstehen) aus dem Boden zugeführt werde. Mit diesem Satze, dessen Richtigkeit wohl Jeder zugeben wird, stimmt nun aber wunderbar schlecht ein zweiter Lehrsatz (S. 111) überein, welcher aussagt, dass der Humus einer jungen Pflanze zwar nützlich sei, indem er dazu beitrage, die Anzahl der Organe der atmosphärischen Ernährung zu vervielfältigen, dass er aber nicht nothwendig und in gewissem Sinne ein Uebermass desselben in dem Anfange der Entwicklung einer Pflanze schädlich sei. Es sei nämlich die Nahrung,

welche die junge Pflanze aus der Luft in Form von Kohlensäure und Ammoniak aufnehme, in gewisse Grenzen eingeschlossen, sie könne nicht mehr assimiliren, als die Luft enthalte; wenn nun aber im Anfange ihrer Entwicklung die Anzahl der Triebe, Zweige und Blätter durch ein Uebermaas von Nahrung aus dem Boden diese Grenze überschritten habe, wo sie also zur Vollendung ihrer Entwicklung, zur Blüthe und Frucht, mehr Nahrungsstoff aus der Luft bedürfe, als diese bieten könne, so werde sie nicht zur Blüthe, zur Fruchtbildung gelangen. In vielen Fällen reiche diese Nahrung nur hin, um die Blätter, Halme und Zweige vollständig auszubilden.

Also ganz, wie man's haben will, schwarz und weiss. Das einemal reicht die gewöhnliche Menge des im Boden befindlichen Humus blos hin, um Blätter zu bilden, will man viele und schöne Früchte, so muss man dieses durch Zuführung eines Maximums von Nahrung aus dem Boden erreichen. Das zweitemal trägt der Humus nichts zur Fruchtbildung bei, sondern er wird schädlich, wenn er der Pflanze vielen Nahrungsstoff zuführt, weil dadurch zu viele Blätter erzeugt werden, und es nun an Nahrung für die Frucht fehlt, welche die Pflanze aus der Luft nehmen soll. Das ist ein höchst mysteriöser Grund! Wie kommt es denn, dass die Pflanze, wenn sie viele Blätter hat, nicht die zu der Entwicklung der Blüthe nöthige Nahrung aus der Luft aufnehmen kann, aber wohl dieses thun kann, wenn sie wenige Blätter hat? Sonst hat man den Grundsatz, dass die Aufnahme von Nahrung aus der Luft im geraden Verhältnisse zu der Zahl und Grösse der Blätter stehe; das ist begreiflich, das Gegentheil aber nicht. Auch kann man fragen, warum denn die Pflanze, wenn die Blüthezeit herankommt, nicht fortfährt, aus dem reichen Boden Nahrung aufzunehmen, es

könnte ihr doch gleichgültig sein, ob sie die Kohlensäure und den Stickstoff aus der Luft oder aus dem Boden erhält? Im Mangel an Nahrungsstoff, welcher zur Entwicklung der Blüthe nicht hinreicht, wird der Grund also wohl nicht liegen, wenn eine Pflanze, welche zu üppig wächst, und welche gewöhnlich zu feucht und schattig steht, nicht blühen will; der Grund liegt eher in zu vieler Nahrung und in dem durch dieselbe gesteigerten Wachsthum der Vegetationsorgane, welches der mit der Bildung der Blüthe verbundenen Contraction der Achse und der Metamorphose der Blätter zu Blüthenorganen entgegenwirkt.

Ein weiterer Satz, aus dem erst klar wird, wie L. auf die vorhergehende Behauptung kommen konnte, sagt aus (S. 46), dass nach völliger Ausbildung der Blätter die Pflanze der Kohlensäure des Bodens nicht mehr bedarf, dass völlige Trockenheit des Bodens die Vollendung ihrer Entwicklung nicht mehr hindert, wenn sie vom Thau und der Luft so viele Feuchtigkeit empfängt, als sie zur Vermittlung ihrer Assimilation bedarf, dass sie im heissen Sommer ihren Kohlenstoff ausschliesslich aus der Atmosphäre schöpft.

Dieser Satz ist das Resultat einer unrichtigen Auffassung der Thatsache, dass bei vielen Pflanzen (aber durchaus nicht bei allen) zur Entwicklung der Frucht grossentheils solche organische Stoffe verwendet werden, welche von den Blättern schon vor der Blüthezeit bereitet, im Stamme oder andern Organen niedergelegt, und später in die Frucht übergeführt werden, wobei allerdings bei manchen Pflanzen z. B. manchen Zwiebelgewächsen, auch wenn sie aus dem Boden genommen werden, auf Kosten der schon früher bereiteten Nahrung die Entwicklung der Frucht möglich wird. In solcher Verallgemeinerung, wie ihn L. ausspricht, und nicht auf eine bestimmte

Lebensperiode einzelner, besonders organisirter Pflanzen, sondern auf die Jahreszeit bezogen, ist dagegen dieser Satz eine Absurdität. L. versuche einmal, im Sommer Pflanzen, welche in der Blüthe stehen, über der ihnen nun unnöthig gewordenen Wurzel abzuschneiden, dieselbe beliebigem Thau und Regen auszusetzen, sie werden unfehlbar vertrocknen; er kann sich übrigens auch, da er sich so gerne auf Beobachtungen stützt, die im Grossen angestellt werden, der Heuerndte zu diesen Beobachtungen bedienen. Diese ganze Theorie scheint übrigens nichts anders, als eine zur fratzenhaften Carricatur verzerrte Copie der von Schwerz (Anleit. zum pract. Ackerbau. III. 56) gegebenen Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Pflanzen zu sein.

Ausser dem schon oben angegebenen Grunde der Humuserzeugung findet L. noch eine zweite Ursache des Nutzens des Fruchtwechsels im Verhältnisse der Pflanze zu den unorganischen Bestandtheilen des Bodens. Indem nämlich jede Pflanze dem Boden bestimmte Bestandtheile entziehe, mache sie ihn zur Ernährung von Pflanzen derselben Art weniger tauglich, bis wieder durch fortschreitende Verwitterung eine neue Quantität dieser Bestandtheile frei werde. Mit dieser Betrachtungsweise werden wohl alle, welche den Werth und die Nothwendigkeit der unorganischen Substanzen für die Ernährung der Gewächse zu würdigen wissen, einverstanden sein; für neu kann sie jedoch nicht gelten.

Die den Schluss des Capitels bildende specielle Betrachtung des Düngers, bei welcher ebenfalls die Wichtigkeit der unorganischen Substanzen hervorgehoben ist, gehört mehr in das Gebiet des Landwirthes, als des Botanikers; ich halte, da in derselben keine weiter physiologische Bemerkungen vorkommen,

eine nähere Auseinandersetzung derselben an diesem Orte für überflüssig.

Werfen wir einen Blick auf das Bisherige zurück, so erhellt:

dass L. die Hülfsmittel, welche ihm als Chemiker zu Gebote standen, zur Untersuchung der in der Lehre von der Ernährung der Gewächse noch zweifelhaften Punkte nicht anwendete;

dass er auf eine, der wahren Naturforschung durchaus entgegengesetzte Weise, seine Schlüsse nicht auf genaue, tief ins Einzelne dringende Untersuchungen stützte, sondern als Basis derselben oberflächlich im Grossen angestellte, der Zuverlässigkeit zum Theile völlig entbehrende Beobachtungen und auf höchst willkührliche Annahmen gegründete Rechnungen benützte, dass sie daher grösstentheils jeder wissenschaftlichen Begründung ermangeln;

dass sein Buch, weit entfernt eine consequente, allseitig durchdachte Theorie aufzustellen, voll von Widersprüchen und Inconsequenzen ist;

dass er von der Organisation der Pflanzen nicht die elementarsten Kenntnisse besitzt;

dass die Behauptung, die Pflanzenphysiologie halte den Humus für das hauptsächlichste Nahrungsmittel der Pflanzen, unwahr ist;

dass die Ansicht, es leben die Pflanzen blos von unorganischen Substanzen keineswegs neu, sondern eine längst in der Pflanzenphysiologie verhandelte Streitfrage ist;

dass die Behauptung, es hätten alle Botaniker es in Zweifel gezogen, dass die Pflanzen durch Zersetzung von Kohlensäure sich Kohlenstoff aneignen, eine Unwahrheit ist;

dass die Behauptung, es nehmen die Pflanzen keine organische Substanzen auf, und können dieselben nicht assimiliren, auf blos theoretischen Speculationen beruht, und jedes factischen Beweises entbehrt;

dass die von L. gegebene Darstellung vom Verhalten der Pflanzen zur Atmosphäre während der Dunkelheit mit den Thatsachen in grellem Widerspruche steht;

dass die Behauptung, es müssen die stickstoffhaltigen und stickstofflosen Nahrungsmittel in genau bestimmtem Verhältnisse aufgenommen werden, durch die chemische Analyse des Samenkornes, wie der erwachsenen Pflanze nicht bestätigt wird;

dass die aufgestellte Theorie der Wechselwirthschaft mit der Erfahrung im Widerspruche und in sich inconsequent ist;

dass die Ansicht, es nehmen Pflanzen im Sommer ihre Nahrung einzig und allein aus der Atmosphäre, völlig unrichtig ist.

Dagegen hat Liebig

in Beziehung auf die Abstammung des Stickstoffs der Pflanze aus dem Ammoniak der Atmosphäre einen die Wissenschaft fördernden Gedanken ausgesprochen;

in Beziehung auf die Aufnahme von Salzbasen es wahrscheinlich gemacht, dass sich die Menge derselben nach der Sättigungscapacität der von den Pflanzen gebildeten Säuren richte.

Es hat also L. durch zwei neue Gedanken unsere Wissenschaft bereichert, dafür wollen wir ihm dankbar sein; er wird durch seine Schrift ohne Zweifel Veranlassung geben, dass Andere genaue Untersuchungen über die Ernährung der Gewächse anstellen, dadurch hat er sich wieder, wenn gleich nur indirect, ein Verdienst erworben; er hat eine Reihe der unrich-

tigsten Ansichten in der Pflanzenphysiologie einzuführen versucht, darüber werden die pflanzenphysiologischen Schriftsteller das ihm gebührende Urtheil sprechen; er hat über die Pflanzenphysiologen ohne alle Veranlassung auf unwahre und hämische Weise geschmäht, damit hat er sich selbst das Zeugniss eines ungebildeten Mannes ausgestellt.